CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

CAPÍTULO I.

1. DISEÑO TEÓRICO.

1.1. Introducción.

Estudiar el tránsito vehicular de las vías de acceso a la ciudad de Tarija, las cuales forman parte de la red fundamental, implica comprender las condiciones actuales de circulación en estas vías. Esto permite identificar si el flujo vehicular en las vías de acceso es crítico, regular o bueno.

Diversos estudios realizados en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho han evaluado la capacidad vial y el nivel de servicio en vías principales de acceso a la ciudad de Tarija. Juárez Huarachi evaluó la ruta Tarija–Bermejo, encontrando diferencias entre los métodos HCM 2000 e INVIAS, con una capacidad de 119 veh/h y un nivel de servicio C (HCM 2000), frente a una capacidad de 2010 veh/h y un nivel de servicio D (INVIAS). Por otro lado, Trino Girón (2021) calculó la capacidad y el nivel de servicio en los accesos norte y sur de Tarija, obteniendo 1850 veh/h y un nivel de servicio D en el acceso norte, 1157 veh/h y un nivel de servicio C en el acceso sur, ruta Bermejo, y 1592 veh/h con un nivel de servicio B en el acceso sur, ruta El Chaco.

El presente estudio tiene como objetivo conocer la situación actual de cómo opera el tránsito vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija. Para ello, se identificarán los puntos de congestionamiento en los accesos principales y se realizarán aforos manuales durante siete días consecutivos. Con los datos obtenidos, se procederá al cálculo de la capacidad vial y el nivel de servicio. Además, se llevará a cabo el aforo de los tiempos de recorrido de los vehículos, con el fin de calcular las distintas velocidades presentes en los accesos a la ciudad, lo que permitirá analizar la fluidez del tránsito vehicular, también se realizará un inventario de la señalización vertical y horizontal existente en la vía, evaluando su estado y ubicación. Por último, se realizará un estudio de estacionamiento en cada una de las vías principales de acceso a la ciudad.

El cálculo de la capacidad vial y el nivel de servicio, se realizará mediante la metodología INVIAS, la cual es ampliamente utilizada en Latinoamérica, este método permite un análisis preciso del comportamiento del tránsito. Además, se analizarán las velocidades de punto

mediante un análisis estadístico y se realizara el cálculo de la velocidad de recorrido total y velocidad de crucero.

Los resultados proporcionarán una base sólida para entender las condiciones actuales del tránsito vehicular en las vías principales de acceso a la ciudad de Tarija, también servirán para proponer soluciones efectivas que mejoren la movilidad y reduzcan los tiempos de viaje para los usuarios, contribuyendo a una movilidad vehicular más fluida y a un aumento de la seguridad vial.

1.2. Antecedentes.

Diversos trabajos previos realizados en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho han evaluado el comportamiento del tránsito vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija, generando información relevante sobre la capacidad y los niveles de servicio. Estos estudios constituyen un punto de partida importante para la presente investigación.

Un estudio llevado a cabo por (Juarez Huarachi), donde determinó la capacidad y el nivel de servicio en la ruta Tarija – Bermejo utilizando los métodos INVIAS y HCM 2000. Este análisis se centró en un tramo de 1 km desde el kilómetro 33. Los resultados indicaron que, según el método HCM 2000, la capacidad de la vía era de 119 veh/h, con un nivel de servicio C, debido al bajo volumen de flujo vehicular. No obstante, al aplicar el método INVIAS, la capacidad aumentó a 2010 veh/h, con un nivel de servicio D, debido a la reducción de velocidades ocasionada por el tráfico pesado, como señaló Juárez.

Finalmente, el trabajo realizado por (Trino Giron, 2021), en donde se calculó el nivel de servicio en la vía de acceso norte a la ciudad de Tarija, específicamente en la vía de acceso a Tomatitas, usando la metodología HCM. Girón determinó una capacidad real de 1850 vehículos por hora (veh/h) y un nivel de servicio D, señalando que este nivel de servicio se aproxima a un flujo inestable. Además, se realizaron cálculos para los accesos sur de la ciudad de Tarija, específicamente en las rutas hacia Bermejo y El Chaco. En el acceso sur, ruta a Bermejo se obtuvo una capacidad real de 1157 vehículos por hora (veh/h), con un nivel de servicio C, mientras que, en el acceso sur, ruta a El Chaco se obtuvo una capacidad de 1592 vehículos por hora (veh/h), con un nivel de servicio B, según lo indicado por Trino.

1.3. Justificación.

1.3.1. Justificación académica.

Es importante comprender cómo opera el tránsito vehicular en las vías de acceso a la ciudad de Tarija, y para ello se requiere la evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio, en este estudio se empleará una metodología ampliamente reconocida. El método INVIAS, desarrollado por el Instituto Nacional de Vías de Colombia, es una herramienta muy utilizada en varios países de Latinoamérica y se basa en principios teóricos que permiten evaluar la funcionalidad vehicular de una carretera, ofreciendo una visión precisa sobre su capacidad y nivel de servicio, esta metodología, es clave para realizar un análisis preciso del comportamiento del tránsito vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija, ya que permiten identificar problemas y así mismo mejoras pertinentes, al ser un método reconocido y ampliamente utilizados en la ingeniería de tránsito, facilita su comprensión y aplicación.

Por otro lado, para el estudio de las velocidades se llevará a cabo un análisis estadístico en donde se estudiará la velocidad de punto, tomando dos sub tramos por cada tramo de estudio, clasificando los vehículos livianos y pesados que circulan por los carriles de entrada y salida a la ciudad, también se calculara la velocidad de recorrido total y la velocidad de crucero. Con el fin de comprender a qué velocidad circulan los vehículos en los accesos a la ciudad.

1.3.2. Justificación sobre la aplicación técnica – practica.

Los aforos manuales que se realizarán en los puntos estratégicos de los accesos a la ciudad proporcionarán datos precisos sobre el comportamiento del flujo vehicular. Estos datos serán necesarios para analizar la capacidad vial y el nivel de servicio, además, el aforo de los tiempos de recorrido para el cálculo de las velocidades de punto se llevará a cabo en subtramos donde se observe una variación significativa en la velocidad dentro del tramo de estudio, por último, se realizará un inventario de la señalización vertical y horizontal en cada acceso a la ciudad.

Los resultados obtenidos en este estudio servirán como base de referencia para la planificación, ampliación y optimización de la infraestructura vial existente en proyectos futuros. Asimismo, proporcionarán un marco de referencia actualizado que contribuirá a la toma de decisiones en la gestión y planificación del transporte en los accesos a la ciudad de Tarija.

1.3.3. Justificación e importancia social.

El impacto social de este estudio es significativo, ya que al comprender cómo opera actualmente el tránsito vehicular en los accesos principales a la ciudad, se podrán implementar mejoras clave, como la reducción de los tiempos de viaje y la disminución del congestionamiento vehicular. Un sistema de tránsito más eficiente no solo beneficiará a los residentes locales, sino que también facilitará el acceso de turistas y optimizará el transporte de bienes y servicios.

1.4. Planteamiento del problema.

1.4.1. Situación problemática.

El tránsito vehicular en las vías de acceso a la ciudad de Tarija, pertenecientes a la red fundamental, se refiere al flujo y movimiento de vehículos que existe en estas vías principales, este concepto incluye aspectos esenciales como el volumen de tránsito, es decir, la cantidad de vehículos que transitan por estas vías, especialmente durante las horas pico, que es cuando el flujo vehicular aumenta, y puede llegar al punto de provocar congestionamiento, la velocidad de circulación es otro factor importante, ya que influye directamente en los tiempos de viaje, que pueden verse prolongados por el aumento del flujo vehicular, estos componentes son fundamentales para entender y gestionar el tránsito vehicular en estas vías.

El objeto de la investigación es de estudiar la situación actual del tránsito vehicular en las vías de acceso a la ciudad de Tarija, donde se observa una gran cantidad de vehículos, que en ciertos momentos del día causan molestias a los usuarios. A pesar de la importancia de estas vías existe una falta de información precisa sobre el comportamiento del flujo vehicular.

Sin la realización de un estudio al tránsito vehicular en estas vías, es difícil comprender adecuadamente su funcionalidad y detectar problemas en los accesos, lo que limita la implementación de mejoras que optimizan la circulación para conductores y demás usuarios. Esta falta de información afecta negativamente la experiencia de quienes transitan y visitan la ciudad.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad vial, el nivel de servicio, las velocidades, la señalización, el estacionamiento y el transporte público en las vías de acceso a la ciudad de Tarija, las cuales forman parte de la red fundamental. A través del análisis de

los datos recopilados, se identificarán las horas de mayor flujo vehicular, los puntos críticos y las causas del congestionamiento. Como resultado del análisis, se establecerá una base sólida para proponer estrategias que fomenten una movilidad sostenible.

1.4.2. Delimitación.

Delimitación temporal.

FECHA APROXIMADA	DESCRIPCIÓN	¿CÓMO TRIBUTA ESTE DATO?
28 / 07 / 2024	Reconocimiento de campo y ubicación de puntos de aforo	Ir hasta el lugar de estudio y seleccionar el área más crítica de congestionamiento en cada acceso
12 / 08 / 2024	Recolección de datos de campo	Se realizará con personal previamente capacitado, registrando el tipo y cantidad de vehículos en planillas de aforo.
15 /09 / 2024	Procesamiento de datos	Se realizarán los cálculos correspondientes
07 / 11 / 2024	Análisis de resultados	Se analizarán los resultados obtenidos del procesamiento de los datos
15/ 11 /2024	Elaboración de conclusiones y recomendaciones	Una vez concluido los análisis se elaborarán conclusiones y recomendaciones, tomando la mejor decisión para cada acceso.

Delimitación espacial.

- **Área temática.** Tránsito vehicular
- **Base de operaciones.** Vías de acceso a la ciudad de Tarija, pertenecientes a la red fundamental.
- **Aplicación.** Flujo vehicular y reducción del congestionamiento.

1.4.3. Formulación del problema.

¿De qué manera, un estudio de tráfico podrá revelar la situación actual del tránsito vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija que forman parte de la red fundamental?

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Estudiar el tránsito vehicular en las vías de acceso a la ciudad de Tarija; que forman parte de la red fundamental; con el fin de conocer la condición actual de circulación y así proponer mejoras pertinentes.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Identificar las zonas de mayor congestionamiento vehicular en cada uno de los accesos a la ciudad de Tarija.
- Recolectar datos sobre el tránsito vehicular mediante la realización de aforos.
- Realizar un inventario vial de la señalización vertical y horizontal de los tres tramos de estudio.
- Evaluar la capacidad vial y nivel de servicio de las vías de acceso a la ciudad utilizando el método INVIAS.
- Realizar estudios complementarios de velocidad y estacionamiento en cada acceso.

1.6. Hipótesis.

La realización del estudio de tráfico, revela la situación actual del tránsito vehicular en los tres accesos principales a la ciudad de Tarija, como también las diferencias existentes en cada uno de ellos.

1.6.1. Variable.

Situación actual del tránsito vehicular en los accesos principales a la ciudad de Tarija.

1.6.2. Operacionalización.

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Valor / Acción
Situación actual del tránsito vehicular en los accesos principales a la ciudad de Tarija.	Se refiere al flujo y movimiento de vehículos que existe actualmente en los accesos principales a la ciudad de Tarija.	Horas pico	[h]	Aforos durante una semana por 24 horas.
		Volumen de tránsito	[veh]	Mayor cantidad de vehículos que se presenten en una hora.
		Velocidad de circulación	[km / h]	Medición del tiempo de recorrido en el tramo de estudio.
		Capacidad vial	[veh / h]	Calculo mediante el método INVIAS.
		Nivel de Servicio	A, B, C, D, E, F	

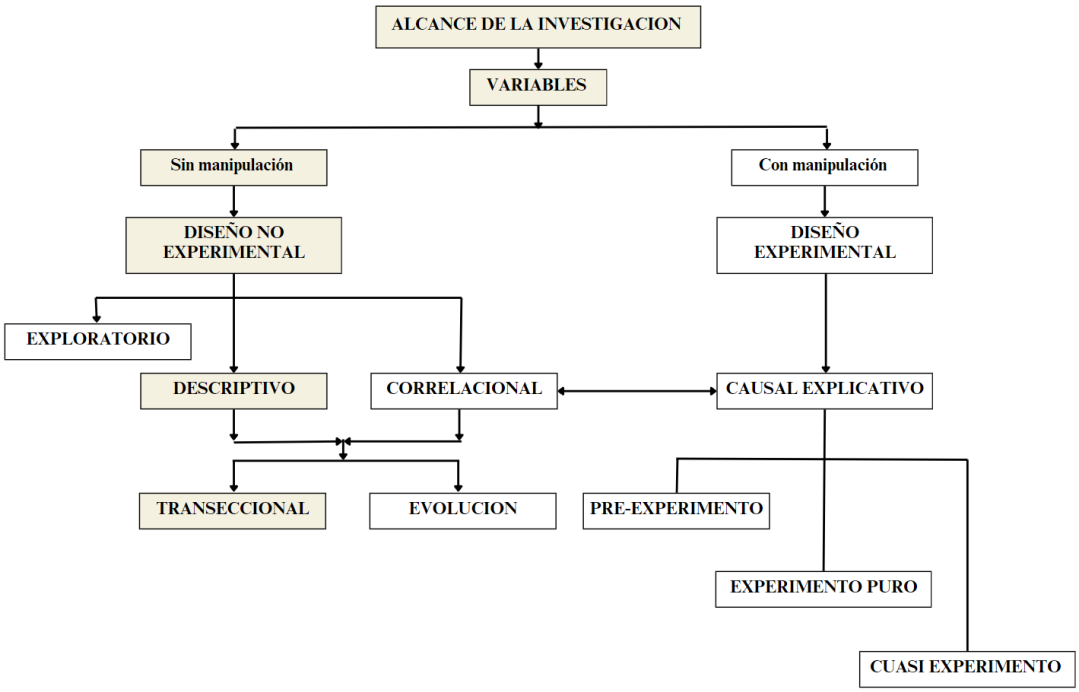
1.7. Alcance.

El presente estudio tiene como única variable la situación actual del tránsito vehicular en los accesos principales a la ciudad de Tarija, dado que no se busca manipular ni alterar las condiciones del tránsito vehicular, teniendo un diseño no experimental.

Este estudio es de carácter descriptivo ya que tiene como objeto detallar y cuantificar el estado actual del flujo vehicular en las vías de acceso a la ciudad de Tarija, para ello se recurrirá a la recolección de datos mediante aforos manuales que permitirán obtener información precisa sin influir en las condiciones normales del tránsito vehicular.

Por otro lado, este estudio es de carácter transeccional, ya que la recolección de datos se realizará en un solo momento en el tiempo, es decir durante un periodo especifico de 7 días para el aforo vehicular y de 8 horas para el aforo de los tiempos de recorrido para el cálculo de las velocidades de punto.

FIGURA 1. Alcance de la Investigación



Fuente: (Yurquina Flores, 2024)

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y REFERENCIAL

CAPÍTULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y REFERENCIAL.

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Definición de ingeniería de tránsito.

La ingeniería de tránsito tiene la finalidad de analizar la movilidad en una zona determinada, considerando de manera coordinada los diferentes elementos que participan en ella y simulando la interacción de los nuevos proyectos de infraestructura con la red existente, para proponer soluciones a la medida de cada proyecto logrando una movilidad eficiente, segura y comprometida con el medio ambiente. (Transconsult, s.f.)

2.1.2. Clasificación de carreteras.

El sistema nacional de carreteras en Bolivia está definido legalmente mediante el Decreto Supremo N°25134 del 21 de agosto de 1998, en el cual las carreteras se dividen en: red fundamental, red departamental y red municipal.

2.1.2.1.Red fundamental.

Las carreteras que conforman la Red Fundamental ya construidas o por construirse de acuerdo a la capacidad financiera del Estado y de las regiones, deben cumplir con las siguientes condiciones: Vincular las capitales políticas de los departamentos, o permitir la vinculación de carácter internacional conectándose con las carreteras principales existentes de los países limítrofes, o conectar en los puntos adecuados dos o más carreteras de la red fundamental, o cumplir con las condiciones de protección ambiental.

2.1.3. Elementos fundamentales del tráfico.

2.1.3.1.Conductor.

Técnicamente, podría definirse como aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo. Empleando términos más gráficos, podría decirse que el conductor es el cerebro del vehículo. Una vez al volante de su automóvil, el conductor dispone una gran libertad de acción que, aunque no absoluta, si es muy grande. De él depende (una vez hay fijado su destino) la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 2000)

2.1.3.2.Vehículo.

El vehículo es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene, por lo que el estudio de sus características y comportamiento es fundamental. Los vehículos que se fabrican en la actualidad están destinados a muy distintos usos, por lo que sus características varían dentro de una amplia gama de formas, tamaños y pesos. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 2000)

2.1.3.3.Peatón.

En zonas urbanas, la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos. Fuera de ellas, el tráfico de peatones disminuye considerablemente, aun estando permitido en todas las vías a excepción de las autopistas. El comportamiento de este colectivo es si cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón tendera a hacer lo más corto posible su recorrido, atajando allá donde sea posible, aun infringiendo las normas de circulación vial. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 2000)

2.1.4. Parámetros del tráfico.

2.1.4.1.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). (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

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

$$\boldsymbol{V = \frac{d}{t}}$$

Donde:

V = Velocidad constante (kilómetros por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = tiempo de recorrido (horas)

2.1.4.2.Densidad.

La densidad vehicular es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). (Orgaz, 2023)

$$\boldsymbol{Densidad = \frac{Volumen}{Velocidad}}$$

Cuando la densidad del tráfico es alta, significa que hay una gran cantidad de vehículos en un área determinada, lo que puede conducir a congestión y a velocidades de circulación más lentas. Por otro lado, cuando la densidad del tráfico es baja, hay menos vehículos en el área y, por lo tanto, se puede esperar una circulación más fluida y velocidades de viaje más altas.

2.1.4.3.Volumen.

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado, que normalmente se toma un día o una hora dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y transito horario respectivamente. (Orgaz, 2023)

- **Transito promedio diario (TPD).** Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el transito promedio diario anual (TPDA). (Orgaz, 2023)
- **Transito promedio horario (TPH).** Es la cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día. (Orgaz, 2023)

2.1.5. Características de la vía.

Las características de una vía son todos los objetos físicos que son propios del diseño geométrico, estos tienen influencia directa o indirecta en la Capacidad y el Nivel de Servicio de una carretera, los cuales son:

2.1.5.1.Alineamiento horizontal y vertical.

En el diseño en planta o alineamiento horizontal, la velocidad de diseño es norma de control para los radios de curvatura, los peraltes y las distancias de visibilidad que determinan la seguridad en el tránsito. Esa velocidad, por razones de economía en la explotación, debe ser la más uniforme y alta que permitan las condiciones topográficas de la zona escogida y los recursos con que se cuente para la construcción.

En el diseño en perfil o alineamiento vertical, la influencia de las pendientes es notable en la restricción de las velocidades que puedan desarrollar los vehículos, particularmente los de mayor peso.

El criterio general básico es el de buscar la mayor armonía posible entre ellos para lograr un proyecto debidamente equilibrado de características, tales que el conductor normal pueda sin ninguna dificultad mantener una velocidad de operación que, siendo próxima a la velocidad de diseño, le ofrezca ciertas condiciones mínimas de seguridad y de comodidad. (INVIAS, 2022)

2.1.5.2.Calzada.

es la zona de la carretera destinada a la circulación normal de los vehículos. En carreteras de dos carriles con circulación en ambos sentidos, el ancho de la calzada está dado por la suma de los anchos de esos dos carriles. (INVIAS, 2022)

2.1.5.3.Berma.

Es la parte exterior del camino, destinada a la parada eventual de vehículos, tránsito de peatones, bicicletas, etc., de manera que estos no interfieran con la circulación normal de los demás vehículos. También proporcionan soporte lateral al pavimento y a veces pueden incrementar el ancho efectivo de la calzada. (INVIAS, 2022)

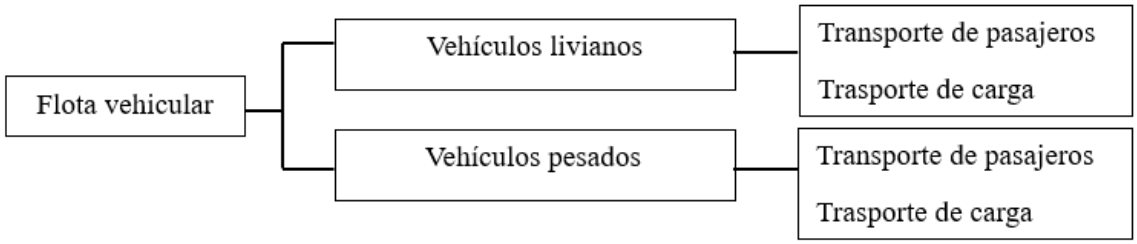
2.1.6. Composición del volumen de tráfico.

Es crucial no solo entender cuántos vehículos están presentes en una sección de la carretera o calle en un período de tiempo dado, sino también tener en cuenta la variedad de tipos de vehículos que circulan en esa área, lo que se conoce como la composición del tráfico.

La clasificación vehicular es una ordenación técnico - administrativo de vehículos motorizados que son impulsados de forma mecánica o por electricidad que circulan por la

vía pública, en el cual cualquier persona o mercancía puede ser transportada. Consideramos los vehículos livianos y pesados, con una breve descripción de los mismos. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Metodologia de Evaluacion de Proyectos Viales, 2011)

2.1.6.1.Clasificación De La Flota Vehicular.

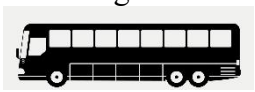


Fuente: (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Metodologia de Evaluacion de Proyectos Viales, 2011)

La configuración vehicular por tipo de ejes para la flota vehicular que circula por la Red fundamental tiene las siguientes características:

FIGURA 2. Clasificación de Vehículos

Código	Clase de Vehículo	Gráfico	Descripción
1	Automóviles y vagonetas		Automóviles y vagonetas
2	Camionetas (hasta 2 toneladas)		Camionetas (hasta 2 toneladas)
3	Minibuses (Hasta 15 pasajeros)		Minibuses (Hasta 15 pasajeros)
MB	Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes)		Microbuses (Hasta 21 pasajeros; 2 ejes)
B2	Bus mediano		B2-Buses medianos (Hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)

Código	Clase de Vehículo	Gráfico	Descripción
B3	Bus grande 		B3-Buses grandes (Mas de 35 pasajeros; 3 ejes)
C2M	Camión mediano		Camión mediano (de 2.5 – 10 toneladas)
C2	Camión grande (2 ejes)		Camiones de eje simple (más de 10 toneladas)
C3	Camión grande (3 ejes)		Camiones de eje Tándem (más de 10 toneladas)
CSR	Camión Semi-Remolque		Camiones con Semi-Remolque
CR	Camión Remolque		Camiones con remolque

Código	Clase de Vehículo	Gráfico	Descripción
12	Otros vehículos		Otros vehículos (Tractores, máquinas de construcción, etc.)
13	Motocicletas		

Fuente: (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Metodologia de Evaluacion de Proyectos Viales, 2011)

2.1.7. Métodos de aforo.

2.1.7.1. Recuento manual.

Realizar un recuento manual del volumen de tránsito puede ser un procedimiento laborioso en donde se registran los vehículos que pasan por un punto especifico en un determinado tiempo, para esto es necesario contar con:

- Planilla de campo. En esta planilla puede ir el flujo direccional de los vehículos, el tipo de vehículos, etc.
- Lápiz o bolígrafo.

Para realizar un recuento manual es necesario encontrarse ubicado en un punto estratégico en la calle o carretera que se desea aforar, también se debe de tener en cuenta que el lugar sea seguro para realizarlo, sin interferir con el tránsito de los vehículos.

La planilla de aforo se puede observar en el anexo 1.

2.1.8. Vías ininterrumpidas.

Estos tipos de infraestructuras no tienen elementos fijos, como los semáforos, que sean externos al flujo y que lo puedan interrumpir. Las condiciones de circulación son el resultado de las interacciones entre los vehículos en el flujo y entre los vehículos y las características geométricas y de entorno de la carretera. Aquí se incluyen autopistas, vías multicarril, vías de dos carriles. (Cerquera Escobar, 2007)

Es necesario aclarar que los términos ininterrumpido e interrumpido describen el tipo de infraestructura y no la calidad del flujo. Por ejemplo, una autopista puede congestionarse al extremo que su velocidad es muy baja, y sigue siendo una infraestructura de flujo ininterrumpido, pues las causas de la congestión son internas a la corriente de circulación. (Cerquera Escobar, 2007)

2.1.8.1.Carretera de dos carriles.

Una carretera de dos carriles puede definirse como aquella que tiene una calzada con un carril para cada sentido de circulación. Estas carreteras representan el mayor kilometraje de la infraestructura vial del país. Se utilizan para cumplir con una gran variedad de funciones en todas las regiones geográficas y satisfacen gran parte de las necesidades de acceso a fuentes de recursos económicos, culturales, recreativos, etc. (INVIAS, 2022)

2.1.9. Estudio de velocidades.

2.1.9.1.Aspectos temporales de la medición de velocidad.

Las mediciones de velocidades de circulación vehicular, deben realizarse en momentos del año que representen las condiciones de operaciones normales, habituales o más representativas del tramo de vía en estudio. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Diseño Geometrico, 2007)

Tabla 1. Aspectos temporales medición de velocidades

Tipo de ruta	Duración mínima de la medición [hr]	Duración máxima de la medición [hr]
Urbana	6	9
Rural	8	12

Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Diseño Geometrico, 2007)

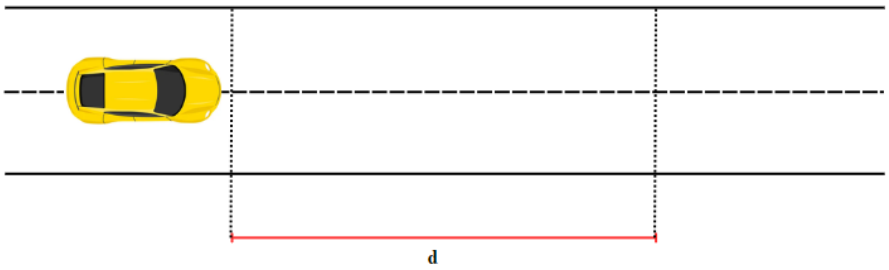
La velocidad es un parámetro importante en el análisis del desempeño de una carretera, ya que influye directamente en la fluidez y seguridad del tránsito vehicular. Existen varios tipos de velocidades que se consideran para evaluar las condiciones de operación de una vía las cuales son:

2.1.9.2.Velocidad de punto.

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 metros.

La característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras. (Orgaz, 2023)

FIGURA 3. Velocidad de punto de un vehículo



Fuente: elaboración propia.

a. **Distribución de frecuencias.** El primer paso en el análisis de los datos consiste en agruparlos en una tabla de frecuencias. Esto se lleva a cabo mediante la agrupación de valores de magnitud similar en intervalos de clase. El número de intervalos de clase generalmente se toma entre 5 y 20, dependiendo de la cantidad de datos, y como una guía puede ser determinado de la tabla 2. (Bañon Blazquez & Bevia Garcia, 2000)

   Donde:

   n = número total de observaciones en la muestra

   N = número de intervalos de clase.

Tabla 2. Numero de intervalos de clase por tamaño de muestra.

Tamaño de muestra [n]	**Número de intervalos [N]**
50 – 100	7 – 8
100 – 1000	10 – 11
1000 - 10000	14 – 15
10000 - 100000	17 – 18
Mayor de 100	1+ 3.3* $Long_{10}$(n)

$$Amplitud\ total = Dato\ \max - Dato\ min$$

$$Ancho\ del\ intervalo\ de\ clase = \frac{Amplitud\ total}{N}$$

Una vez calculado el ancho de intervalo de clase, se puede obtener la tabla de distribuciones de frecuencia.

Tabla 3. Distribución de frecuencia de velocidad de punto.

(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**		**(6)**	**(7)**	**(8)**
Intervalo de clase Grupos de velocidad	**Punto medio**	**Frecuencia observada**		**Frecuencia acumulada**		**(Col 2)²**	**(Col 3) (Col 2)**	**(Col 3) (Col 6)**
		Abs.	**Relat.**	**Abs.**	**Relat.**			
[km/h]	Vi [km/h]	fi	$\frac{f_i}{n} * 100$ [%]	f_{i_a}	$\frac{f_{i_a}}{n} * 100$ [%]	$V_i{}^2$	$f_i * V_i$	$f_i * V_i{}^2$

Fuente. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

A continuación, se explicará cada columna, como se indica en el libro de (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

Columna 1. Intervalo de clase.

Columna 2. Punto medio [Vi]. Es la velocidad media de cada grupo, que se obtiene sumando el límite inferior y superior de la clase y dividido entre dos.

Columna 3. Frecuencia observada [fi]. Es el número de velocidades que pertenece a cada grupo.

Columna 4. Frecuencia observada relativa $\left[\frac{f_i}{n} * \mathbf{100}\right]$**.** La frecuencia relativa de una clase, o grupo, es su frecuencia dividida entre la frecuencia total de todas las clases o grupos, expresada generalmente como por ciento.

Columna 5. Frecuencia acumulada absoluta y relativa $\left[f_{i_a}\ \boldsymbol{y}\ \frac{f_{i_a}}{n} * \mathbf{100}\right]$**.** La frecuencia total de todos los valores menores que el límite real superior de clase de un intervalo de clase dado, se conoce como frecuencia acumulada absoluta f_{i_a} ese intervalo de clase, inclusive. La frecuencia acumulada relativa, es la frecuencia acumulada absoluta dividida entre la frecuencia total.

Columna 6,7 y 8. Estas columnas se utilizan para realizar cálculos adicionales, como se ilustrará más adelante.

b. Representación gráfica de los datos de velocidad de punto. Un histograma de frecuencias consiste en una serie de rectángulos que tienen como bases los intervalos de clase (o grupos de velocidad) sobre un eje horizontal, con sus centros en las marcas de clase (puntos medios o velocidades medias del grupo) y como alturas los respectivos por ciento de las observaciones totales (o las frecuencias observadas relativas). Un polígono de frecuencias es un gráfico de línea, trazado sobre las marcas de clase. Puede obtenerse uniendo los puntos medios de los techos de los rectángulos del histograma.

Los datos de las columnas 2 y 4 de la tabla de distribuciones de frecuencia se utilizan para construir la curva de distribuciones de frecuencia, la cual se obtiene dibujando los porcentajes de las observaciones totales y el punto medio de cada grupo. Los puntos así obtenidos se unen mediante una curva suave.

Los datos de las columnas 1 y 5 se utilizan para dibujar la curva de distribuciones de frecuencia acumulada relativa, comúnmente llamada ojiva porcentual. Debido a que el porcentaje acumulado se refiere al porcentaje de vehículos viajando a/o por debajo de una velocidad dada, los porcentajes acumulados se dibujan contra el límite superior de cada grupo de velocidad, A esta curva también se le llama distribución acumulada menor que.

c. Valores representativos. Los parámetros más significantes que describen adecuadamente las características de la distribución de velocidades de punto de un flujo vehicular son:

- **Velocidad media de punto o velocidad media temporal [V_t].** Esta velocidad es un estimativo de la velocidad esperada de cualquier vehículo elegido al azar, en el punto donde el estudio fue realizado, y es estadísticamente un estimador de la velocidad media real de punto (desconocida) de la población.

$$\overline{\boldsymbol{V}}_{\boldsymbol{t}} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\boldsymbol{f}_{\boldsymbol{i}} * \boldsymbol{V}_{\boldsymbol{i}})}{\boldsymbol{n}} = \frac{\sum(\boldsymbol{columna\ 7})}{\boldsymbol{n}}$$

- **Desviación estándar [S].** Debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, existe una dispersión de sus velocidades alrededor de la media. Una medida estadística de esta dispersión es la desviación estándar S, la cual por definición se expresa como:

$$\boldsymbol{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}[\boldsymbol{f}_{\boldsymbol{i}}(\boldsymbol{V}_{\boldsymbol{i}} - \overline{\boldsymbol{V}}_{\boldsymbol{t}})^2]}{\boldsymbol{n-1}}} = \sqrt{\frac{\sum(\boldsymbol{columna\ 8}) - \frac{[\sum(\boldsymbol{columna\ 7})]^2}{\boldsymbol{n}}}{\boldsymbol{n-1}}}$$

2.1.9.3.Velocidad de recorrido total.

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total, mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total, mayor el congestionamiento del tráfico. (Orgaz, 2023).

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

a. El tiempo que se tarda el vehículo en recorrer dicho tramo.

b. El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento.

$$V_R = \frac{d_R}{(t_c + t_d)}$$

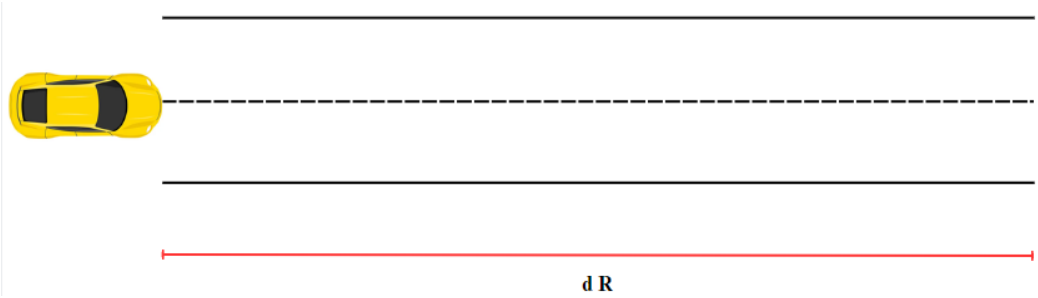
Donde:

d_R = Distancia recorrida.

t_c = Tiempo de circulación.

t_d = Tiempo de demoras.

FIGURA 4. Velocidad de recorrido total un tramo



Fuente. Elaboración propia.

2.1.9.4.Velocidad de crucero.

Se denomina velocidad de crucero a la que se registra como la relación de una distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación del vehículo sin tomar en cuenta el tiempo de demoras. (Orgaz, 2023)

la relación que nos permite determinar la velocidad de crucero es la siguiente:

$$V_{CR} = \frac{d_R}{t_c}$$

Donde:

d_R = Distancia recorrida.

t_c = Tiempo de circulación.

2.1.10. Capacidad vial.

Se define la Capacidad de una carretera de dos carriles como el máximo número de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos durante cierto período de tiempo, en las condiciones imperantes de vía y de tránsito. La Capacidad se expresa en vehículos por hora, aunque puede medirse en períodos menores de una hora. El valor de la Capacidad depende de la duración del período en que se mida.

Este valor de la Capacidad definido para “condiciones imperantes” difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. El volumen máximo posible depende de factores tales como la composición vehicular, la velocidad de circulación y las condiciones atmosféricas, que pueden cambiar en cualquier momento. (INVIAS, 2022)

Si la capacidad máxima de vehículos que puede circular por una carretera disminuye y resulta menor que la demanda de vehículos que se presentan en ese momento, se producirá embotellamiento, lo que ocasiona que circule menos cantidad de vehículos de lo que se espera, por motivo de la detención disminución de la velocidad de la corriente vehicular.

Cuando ocurre el embotellamiento en una carretera no solo afectara a los vehículos que se encuentran en la zona, sino que también provocara un efecto domino, en donde los vehículos que estén detrás del punto de congestión también se verán obligados a detenerse o a avanzar muy lentamente.

2.1.10.1. Método INVIAS

Las condiciones ideales para el cálculo de la capacidad por el método (INVIAS, 2022) son las siguiente:

- Capacidad ideal Ci es igual a 3200 veh/h para ambos sentidos.
- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos.
- Terreno plano y rasante horizontal.
- Carriles de no menos de 3.65 metros de ancho.
- Bermas de no menos de 1.80 metros de ancho, con superficie de rodadura de calidad inferior a la de la calzada y distinta inclinación.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas.
- Alineamiento recto.
- Ausencia de vehículos pesados.
- Visibilidad adecuada para adelantar.
- Señalización horizontal y vertical óptima.

En este método la capacidad para condiciones ideales, Ci, se multiplica por varios factores de corrección que se aplican en forma simultánea, que reflejan el grado en que no se cumplen los requisitos que definen esas condiciones.

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

Donde:

C_{60} = capacidad de vehículos mixtos por hora (veh/h)

F_{pe} = factor de corrección a la capacidad por pendiente (Tabla 4)

F_d = factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos, (Tabla 5)

F_{cb} = factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma. (Tabla 6)

F_p = factor de corrección por presencia de vehículos pesados.

Los factores transforman esa capacidad ideal en capacidad para las condiciones estudiadas. Las características de vía y tránsito que tienen en cuenta esos factores de corrección son las siguientes:

a. **Pendientes.** las pendientes reducen la velocidad de los vehículos con respecto a la velocidad que pueden desarrollar en rasante horizontal. La reducción se traduce en un aumento en los intervalos entre vehículos que están en un pelotón y, por ende, en una disminución de la Capacidad. Su efecto se considera en el factor de corrección (Fpe) de la Tabla 4. (INVIAS, 2022)

Tabla 4. Factores de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe)

Pendiente	Longitud de la pendiente [km]											
	0,5	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
2	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
3	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
4	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
5	0,98	0,95	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91
6	0,97	0,95	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,9	0,89	0,89	0,89	0,89
7	0,96	0,93	0,91	0,89	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86
8	0,96	0,92	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
9	0,94	0,89	0,85	0,83	0,82	0,81	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
10	0,92	0,92	0,85	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,74
11	0,9	0,9	0,81	0,76	0,73	0,72	0,71	0,7	0,69	0,68	0,68	0,68
12	0,87	0,87	0,76	0,71	0,68	0,67	0,64	0,64	0,63	0,61	0,61	0,61

Fuente: (INVIAS, 2022)

b. **Distribución del tránsito por sentidos.** una carretera de dos carriles puede saturarse cuando tenga un carril saturado, aunque el volumen de tránsito sea muy bajo en el otro carril. Además, se debe considerar las verdaderas oportunidades de adelantamiento que ofrece el tramo en análisis, medido por el porcentaje de zonas de no rebase. El efecto de estas dos variables se considera con el factor de corrección (Fd) de la Tabla 5. (INVIAS, 2022)

Tabla 5. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)

Distribución por sentidos (% en ascenso)	% de zonas de no rebase					
	0	**20**	**40**	**60**	**80**	**100**
50	1	1	1	1	1	1
60	0,9	0,89	0,87	0,86	0,85	0,83
70	0,82	0,8	0,78	0,76	0,74	0,71
80	0,75	0,72	0,7	0,67	0,65	0,63
90	0,69	0,66	0,64	0,61	0,58	0,56
100	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,5

Fuente: (INVIAS, 2022)

c. **Anchos de carril y berma utilizable.** los carriles y bermas estrechos, más la ausencia o malas condiciones de estas restan confianza a los conductores, lo que se traduce en una disminución de la velocidad, un aumento en los intervalos entre vehículos, y la

consiguiente reducción de la capacidad de la vía. El factor que cuantifica este efecto es el Fcb de la Tabla 6. (INVIAS, 2022)

Tabla 6. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)

Ancho de carril [m]				
Berma	**3,6**	**3,5**	**3,3**	**3**
1,8	1	0,99	0,98	0,96
1,5	0,99	0,99	0,98	0,95
1,2	0,99	0,98	0,97	0,95
1	0,99	0,98	0,97	0,94
0,5	0,98	0,97	0,96	0,93
0	0,97	0,96	0,95	0,92

Fuente: (INVIAS, 2022)

d. **Presencia de vehículos pesados.** la Capacidad se puede definir como el número máximo de intervalos entre vehículos que pasan por un punto de una vía en una hora. Los vehículos pesados reducen ese número de intervalos:
   - Porque su paso demora más debido a su mayor longitud y a la menor velocidad que desarrollan.
   - Porque retardan el paso de vehículos más rápidos que los siguen al obligarlos a reducir su velocidad
   - Porque el aumento del paso de un vehículo produce un incremento del intervalo. El efecto de la reducción en Capacidad que causan los vehículos pesados está dado por el factor (Fp).

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)}$$

Donde.

F_P = Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

P_C = Porcentaje de vehículos pesados (% Camiones + % Buses)

Ec = Equivalentes camión. (Anexo 5)

2.1.11. Nivel de servicio.

Se define el Nivel de Servicio de un sector de una carretera de dos carriles como la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía. Se ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante. (INVIAS, 2022)

- **Nivel de Servicio A.** representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.
- **Nivel de Servicio B.** comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.
- **Nivel de Servicio C.** representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos, deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.
- **Nivel de Servicio D.** el flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

- **Nivel de Servicio E.** representa la circulación a Capacidad cuando las velocidades son bajas, pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a Capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a Capacidad, en condiciones de inseguridad.
- **Nivel de Servicio F.** representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la Capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a Capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de estas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

2.1.11.1. Método INVIAS

El indicador de efectividad principal que se ha escogido para determinar el Nivel de Servicio es la velocidad media de recorrido de los vehículos que integran la corriente vehicular, que comprende vehículos ligeros y pesados. (INVIAS, 2022)

La manera de calcular el Nivel de Servicio es similar a la empleada para estimar la Capacidad: se parte de una velocidad para condiciones casi ideales que se va multiplicando por distintos factores de corrección menores que la unidad, hasta convertirla en la velocidad representativa de las condiciones que se estudian. (INVIAS, 2022)

La velocidad ideal, según mediciones de campo, es de 90 kilómetros por hora. Las características de vía y tránsito que se tienen en cuenta en el cálculo de la velocidad media para las condiciones que se estudian son las siguientes:

a. **Pendientes.** Las pendientes ejercen un efecto directo en el Nivel de Servicio al influir en la velocidad de los vehículos. Las pendientes ascendentes reducen la velocidad y las descendentes pueden aumentarla o disminuirla, pero generalmente las ascendentes

son las críticas y así se consideran en este método. A fin de evitar un paso, la Tabla 7 da directamente la velocidad a flujo libre de los automóviles para pendientes de distintas longitudes e inclinaciones.

Puede considerarse que esta velocidad V_1 se desarrolla en condiciones casi ideales y su determinación es el punto de partida para el cálculo del Nivel de Servicio. (INVIAS, 2022)

Tabla 7. Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendientes (V1)

Pendiente ascendiente %	**Longitud de la pendiente [km]**											
	0,5	**1**	**1,5**	**2**	**2,5**	**3**	**3,5**	**4**	**4,5**	**5**	**5,5**	**6**
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	78	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	37	37	37	37
11	61	46	39	38	35	34	33	31	30	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	25	25	25	25

Fuente: (INVIAS, 2022)

b. **Utilización de la capacidad.** Cualesquiera que sean las características de la vía que influyen en la velocidad media de una corriente vehicular, la variedad que existe entre las velocidades a que quieren ir los distintos conductores de vehículos causa interacciones entre ellos. Los conductores más lentos retardan a los más rápidos, mientras que los rápidos no obligan a acelerar a los lentos y, por lo tanto, el efecto de las interacciones es reducir la velocidad media de la corriente vehicular. Cuando los conductores rápidos pueden adelantar a los lentos, el efecto de las interacciones no es tan grande, pero a medida que la vía se va saturando, los sobrepasos van siendo más difíciles y la velocidad media va disminuyendo. Además, parece que conforme

aumenta la densidad los conductores van perdiendo confianza y reducen su velocidad. Lo cierto es que la utilización de la capacidad, medida por la relación Volumen-Capacidad, ejerce un efecto innegable sobre la velocidad de los vehículos. Este efecto está representado por el factor (fu) de la Tabla 8. Como se trata de un factor de corrección al Nivel de Servicio medio que se brinda durante una hora, la relación Volumen-Capacidad se calcula dividiendo el volumen de demanda entre la capacidad C_{60} sin multiplicarla por el factor de pico horario (FPH). Esta relación es menor que la relación volumen/C_5 que se utiliza para observar la probabilidad de ser superada la capacidad durante un pico de cinco minutos.

Tabla 8. Factores de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (fu)

Relación Volumen - Capacidad Q/C60	Factor de corrección fu
0,1	0,99
0,2	0,98
0,3	0,96
0,4	0,92
0,5	0,87
0,6	0,82
0,7	0,75
0,8	0,68
0,9	0,59
1	0,5

Fuente: (INVIAS, 2022)

c. **Anchos de carril y berma.** Los efectos de las deficiencias en los anchos de carril y berma se hacen sentir más en la velocidad que en la Capacidad. Por esta razón los factores de corrección fcb de la Tabla 9, que tienen en cuenta ese efecto, son menores que los correspondientes Fcb de la Tabla 6.

Tabla 9. Factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb)

Ancho de Berma [m]	Ancho de Carril [m]				
	3,65	**3,5**	**3,3**	**3**	**2,7**
1,8	1	0,97	0,93	0,85	0,73
1,5	0,98	0,95	0,91	0,83	0,71
1,2	0,96	0,93	0,89	0,81	0,7
1	0,95	0,92	0,88	0,8	0,69
0,5	0,91	0,88	0,84	0,76	0,66
0	0,88	0,85	0,81	0,73	0,63

Fuente: (INVIAS, 2022)

d. **Presencia de vehículos pesados.** Estos vehículos desarrollan menores velocidades que los vehículos ligeros y su presencia los retarda. La magnitud de este retardo depende de:
   - La velocidad de los automóviles a flujo restringido, pues mientras más rápidamente vayan, mayor será su retardo.
   - La inclinación y longitud de la pendiente del sector que se estudia, ya que ambos factores determinan la velocidad de los vehículos pesados.
   - El porcentaje de vehículos pesados, porque según aumenta este porcentaje se eleva la probabilidad de que causen interferencia al resto de los vehículos.
   - El volumen de tránsito en ambos sentidos, que al aumentar disminuye las oportunidades de sobrepaso e incrementa la longitud de los pelotones detrás de los camiones.

   El efecto de los vehículos pesados en el tránsito se tiene en cuenta determinando un factor fp.

e. **Tortuosidad.** Para tener en cuenta la curvatura hay que comparar la velocidad en tangente, con la máxima velocidad media en el sector que se estudia para esto se determina la tortuosidad del sector analizado.

Tabla 10. Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la tortuosidad (ft)

Pendiente (%)	Tortuosidad (°/km)	ft
0	< = 40	1
< 2,5	< 110	0,99
< 4	< 200	0,99
< 6	< 400	0,98
< 8	< 800	0,97

Fuente: (INVIAS, 2022)

f. **Determinación del nivel de servicio.** Una vez conocido el valor de la velocidad media V, se determina el Nivel de Servicio de la Tabla 11. Esta tabla ofrece una escala de acuerdo con la pérdida de velocidad como un porcentaje de la velocidad máxima (90 km/h) separada para cada tipo de terreno y para el Nivel de Servicio, tiene en cuenta que las exigencias de los conductores disminuyen a medida que la topografía se va haciendo más abrupta. La tabla refleja con facilidad pequeños cambios en el diseño detallado de un sector. Mediante la mejora de algunas características de la vía (ancho de carril, berma, radio de curvatura, etc.) se puede modificar el Nivel de Servicio

Tabla 11. Definición del nivel de servicio con base en la relación entre (VM / Vi *100)

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	> 92%	92 % - 80%	80 % - 60 %	69 % - 58 %	58 % - 47 %	< 47%
Ondulado	> 76%	76 % - 66 %	66 % - 57 %	57 % - 48 %	48 % - 38 %	< 38%
Montañoso	> 58%	58 % - 50 %	50 % - 43 %	43 % - 37 %	37 % - 29 %	< 29%
Escarpado	> 40%	40 % - 34 %	34 % - 30 %	30 % - 26 %	26 % - 20 %	< 20%

Nota: la velocidad ideas Vi es de 90 km / h

Fuente: (INVIAS, 2022)

g. **Aplicación de los factores de corrección.**

Los factores de corrección para el cálculo del Nivel de Servicio se aplican en forma consecutiva. El procedimiento es el siguiente:

- **Paso 1.** Tomar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre, (V_1), de la **Tabla 7** conociendo la inclinación de la pendiente ascendente en estudio y su longitud. Se

obtiene la velocidad media de automóviles, en condiciones ideales (excepto por pendiente).

- **Paso 2.** Tomar el factor de corrección por el efecto de la utilización de la capacidad (fu) de la **Tabla 8**, conociendo la relación Volumen-Capacidad. Ambas variables son las correspondientes a sesenta minutos. Ese volumen se designa con el símbolo Q

$$\boldsymbol{Factor\ de\ utilizacion}\ \left(\frac{\boldsymbol{v}}{\boldsymbol{c}}\right) = \frac{\boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{C_{60}}}$$

- **Paso 3.** Tomar el factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (fcb) de la **Tabla 9**, conociendo el ancho utilizable de la berma y el ancho del carril.
- **Paso 4.** Se procede a calcular la V2 con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{V_2 = V_1 * f_U * f_{Cb}}$$

- **Paso 5.** Determinar el factor de corrección por presencia de vehículos pesados (fp), conociendo la inclinación y longitud de la pendiente en estudio se determina el factor de equivalencia camiones Ec (sin considerar los buses como vehículo pesado) y se calcula el factor de ajuste aplicando la formula:

$$\boldsymbol{f_P = \frac{1}{1 + \%C * (Ec - 1)}}$$

Donde.

F_P = Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

%C = Porcentaje de vehículos pesados (% Camiones)

Ec = Equivalentes camión. (Anexo 6)

- **Paso 6.** Determinar el factor de ajuste por tortuosidad del tramo en estudio de acuerdo con la **Tabla 10**, es necesario previamente haber determinado la tortuosidad del tramo en estudio.
- **Paso 7.** Se determina la velocidad media (V_M) de acuerdo con la siguiente formula.

$$V_M = V_2 * f_P * f_t$$

- **Paso 8.** Se calcula el porcentaje que se ha perdido con respecto a la velocidad ideal.

Vi _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 100%

V_M_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ X

Con este valor X determinamos el Nivel de Servicio en la Tabla 11.

La velocidad ideal (Vi) corresponde a 90 km/h

2.1.12. Señalización vertical.

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en: señales preventivas, señales reglamentarias y señales informativas. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

2.1.12.1. Señales preventivas (SP).

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

Forma. En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente.

Color. Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas,

pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retrorreflexión mínimo.

Ubicación: Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, CURVA PRONUNCIADA DERECHA (SP 4) o PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (SP 16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como CRUCES o BIFURCACIONES (SP 18 a SP 30).

Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior (distancia = tiempo x velocidad máxima), no pudiendo ser dicha distancia menor a 50 m. Estas pueden ser ajustadas, hasta en un 20%, dependiendo de factores tales como: geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito y otros.

FIGURA 5. Ejemplo de señales preventivas.

Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

2.1.12.2. Señales reglamentarias (SR).

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito y acarrea las sanciones previstas en la Ley. Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Estas señales se identifican con el código SR.

Forma. En general, su forma es circular y sólo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional.

Color. Los colores utilizados en estas señales son los siguientes:

Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro. La prohibición se indicará con una diagonal que forme 45º con el diámetro horizontal y debe trazarse desde el cuadrante superior izquierdo del círculo hasta el cuadrante inferior derecho.

Ubicación. Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales del tipo NO ADELANTAR (SR-26), y en el caso de VELOCIDAD MAXIMA (SR-30), donde la presencia de camiones y buses cuenten con un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) mayor o igual al 20% del total. Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.

FIGURA 6. Ejemplo de señales reglamentarias.

Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

2.1.12.3. Señales informativas.

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc. En particular se utilizan para informar sobre:

- Enlaces o empalmes con otras vías
- Pistas apropiadas para cada destino
- Direcciones hacia destinos, calles o rutas
- Inicio de la salida a otras vías
- Distancias a que se encuentran los destinos
- Nombres de rutas y calles
- Servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía
- Nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

Forma. En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, por mencionar algunas tenemos el ESCUDO VIA PANAM (IV-1) y ESCUDO DE IDENTIFICACION DE RED FUNDAMENTAL (IV-2).

Color. En señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales, verde, con la excepción de las señales NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLES (IV-5), de color negro, y las de atractivo turístico (IT), cuyo color representativo será el café.

Ubicación. La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros. Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), su borde inferior debe distar a lo menos 5,5 metros del punto más alto de la calzada o berma. Esto asegura el flujo expedito de vehículos altos. Las flechas de las señales aéreas deben quedar instaladas de modo que apunten al centro de la pista de tráfico a la que hacen referencia. No obstante, no es conveniente elevar las señales verticales en

demasía sobre dicha altura, ya que la señal puede quedar ubicada fuera del cono de atención de los conductores o fuera del alcance de la luz emitida por los focos de los vehículos, dificultando su visibilidad nocturna.

FIGURA 7. Ejemplo de señales informativas.

Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

2.1.13. Señalización horizontal.

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada. La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio

destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

Color demarcaciones planas.

Las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas.

- **Amarillo.** El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.
- **Blanco:** El blanco define la separación entre tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco.

De acuerdo con la función que cumplen, las demarcaciones se clasifican en:

- **Líneas longitudinales.** Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.
- **Líneas Transversales.** Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.
- **Símbolos y Leyendas.** Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.
- **Otras demarcaciones.** Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distanciadores, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

2.1.13.1. Líneas Longitudinales.

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella.

Una línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

Líneas de eje. Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas.

Para aumentar su eficacia en vías interurbanas, se deberá reforzar las líneas de eje central con demarcación elevada (tachas).

Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

a. **Línea amarilla discontinua.** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.
b. **Línea doble amarilla continua.** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.
c. **Línea doble amarilla continua y discontinua.** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida sólo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.
d. **Línea doble amarilla discontinua.** Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo varia. Se utiliza para indicar carriles reversibles.

Línea blanca continua. la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella, esta línea se utiliza para:

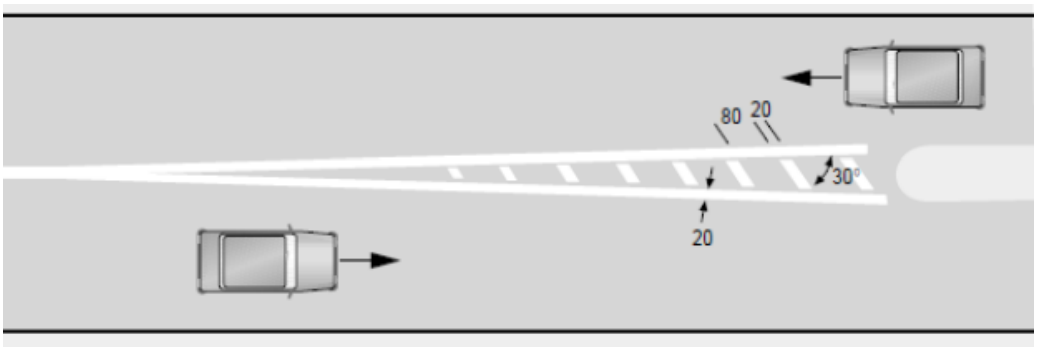
a. **Demarcar la separación de carriles.** De un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.
b. **Demarcar el borde derecho de la calzada.** Indicando el término de la calzada estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad

reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente sobre ésta. Estas demarcaciones, son la única orientación para un conductor cuando es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, de allí la importancia que presenta en caminos y carreteras bidireccionales.

2.1.13.2. Otras demarcaciones.

Achurados. La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de islas y bandejones, así como canalizar el flujo vehicular. Se distinguen dos tipos de achurados; en diagonal y en "V". los achurados en "V" se emplean para anunciar la presencia de una isla o bandejón, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.

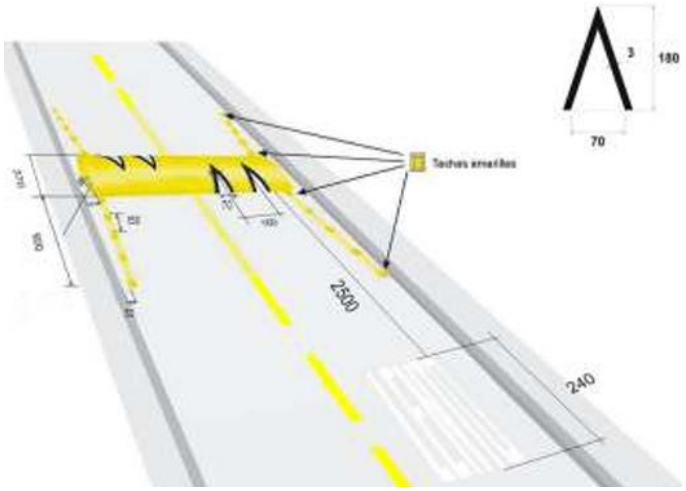
FIGURA 8. Demarcación tipo achurado bifurcación divergente y convergente.



Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

Resaltos. El exceso de velocidad es una de las causas de la ocurrencia y la gravedad de los accidentes de tránsito, entonces, para disminuir la velocidad se deberá recurrir al empleo de medidas reductoras de velocidad como son los resaltos. Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos.

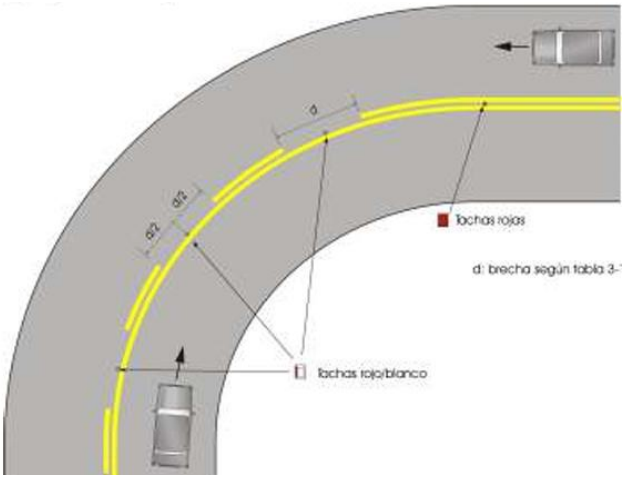
FIGURA 9. Resalto.



Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

Tachas. Las tachas se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia.

FIGURA 10. Tachas en líneas segmentadas y eje de pistas.



Fuente. (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Dispositivos de Control de Transito)

La demarcación elevada puede ser de los siguientes colores y cada uno cumple una función distinta:

a. **Blanco.** Se usa delimitando, alineamientos que pueden ser transgredidos normalmente por los vehículos, en el marco de la operación normal de tránsito.
b. **Amarilla.** Se usa delimitando alineamientos que pueden ser transgredidos, con precaución y eventualmente por los vehículos, en el marco de una operación de emergencia.
c. **Roja.** Se usa delimitando, alineamientos que no pueden ser transgredidos bajo ninguna circunstancia de operación.

2.1.14. Estacionamiento.

2.1.14.1. Estacionamiento en la vía pública.

Cuando se tienen volúmenes de tránsito importantes, o calles angostas, y en el caso de tener estacionamientos sobre la vía pública, se recomienda el estacionamiento en paralelo, ya que el estacionamiento en ángulo representa un mayor riesgo de accidentes por la falta de visibilidad, especialmente en la maniobra de salida. El estacionamiento en la vía pública puede ser libre o controlado.

En el estacionamiento libre, no existe ninguna restricción para dejar un vehículo cerca de la acera, y es la forma más ideal para aquellos conductores que logren encontrar libre un espacio. Sin embargo, su uso no es equitativo, pues un usuario puede demorar más que otro. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

- **Oferta.** Se entiende por oferta, los espacios disponibles de estacionamiento tanto en la vía pública como fuera de ella. Para cuantificarla, se lleva a cabo un inventario físico de los espacios de estacionamiento disponibles. Para estacionamientos en la calle, se realiza un inventario de los espacios existentes y de las restricciones que hay para estacionarse en esa calle, pues habrá calles en las que se prohíba el estacionamiento. Este inventario se realiza recorriendo calle por calle. En cada una de ellas, se mide su longitud total, se le resta la longitud de los espacios de estacionamiento prohibido, y se deduce el número de vehículos que caben en esta longitud restante o disponible. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

Tabla 12. Dimensiones mínimas de los cajones de estacionamiento.

Tipo de vehículo	Dimensiones del cajón en metros	
	En batería	En cordón
Grandes y medianos	5.0 x 2.4	6.0 x 2.4
Chicos	4.2 x 2.2	5.0 x 2.0

Fuente. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

- **Demanda.** Se entiende por demanda, la información de dónde se estaciona la gente, por cuánto tiempo, o su variación horaria dentro y fuera de la vía pública. Representa la necesidad de espacios para estacionarse, o el número de vehículos que desean estacionarse con cierta duración o para un objetivo específico. Esta información se obtiene mediante la ubicación de observadores en varios puntos de la zona en estudio, cada uno de los cuales, dependiendo de la frecuencia de los estacionamientos, recorre una, dos, tres o cuatro cuadras, viendo todos los vehículos estacionados, anotando la hora de entrada y salida de cada uno de ellos. La anterior información se puede complementar con un aforo en cordón, que per mita totalizar los vehículos que entran y salen de la zona en estudio, y así poder determinar la acumulación vehicular dentro del cordón o zona. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)
- **Índice de rotación.** Conocida la oferta y la demanda, se puede determinar el índice de rotación, que, para un espacio específico de estacionamiento, se define como el número de veces que se usa dicho espacio durante un lapso de tiempo determinado. Para varios espacios de estacionamiento. (Cal y Mayor Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2018)

  El índice promedio de rotación Ir, en vehículos por cajón, se calcula como:

$$I_r = \frac{Demanda}{Oferta}$$

  Si la demanda se especifica para una hora absoluta o como un promedio horario, las unidades del índice de rotación son:

$$I_r = \frac{Vehiculos/hora}{Cajon}$$

2.2. Marco normativo.

2.2.1. Administradora Boliviana de Carreteras.

2.2.1.1.Aforos.

Los aforos vehiculares serán realizados según lo establecido en el manual de la (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Metodologia de Evaluacion de Proyectos Viales, 2011), además se tomará como referencia el formato de las planillas de aforos indicado en dicho manual, el cual permite uniformidad en la recolección de datos.

Para el aforo de los tiempos de recorrido para el cálculo de las velocidades de punto también fueron realizados según lo establecido en el manual de la (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Diseño Geometrico, 2007), Cada aforo tuvo una duración de 8 horas y abarco dos sub tramos por cada tramo de estudio, en donde se clasificaron los vehículos livianos y pesados, tanto en el carril de ingreso como en el carril de salida de la ciudad.

2.2.1.2.Clasificación de la flota vehicular.

La clasificación de la flota vehicular se realizará siguiendo los criterios establecidos en el manual de la (Administradora Boliviana de Carreteras, Manual de Metodologia de Evaluacion de Proyectos Viales, 2011).

2.3. Marco referencial.

- En el presente trabajo se tomó como referencia el libro **'Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones'** de Cal y Mayor Reyes Spíndola y Cárdenas Grisales (2018), debido a que su explicación sobre el cálculo de velocidades puntuales es detallada y proporciona una guía sólida para el desarrollo de esta parte del estudio.
- También se tomó de referencial el libro de **'Criterios de investigación en ingeniería civil enfoque cuantitativo'** de Yurquina Flores Luis Alberto (2024), debido a su explicación en el tratamiento estadístico de los datos para el estudio.

2.4. Análisis del aporte teórico.

2.4.1. Selección de la metodología para el cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio.

La metodología del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) fue seleccionada para el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio debido a su alta aceptación en estudios de tránsito vehicular en Latinoamérica. Este método es reconocido por su rigor técnico y su

capacidad para adaptarse a las características específicas de cada carretera, lo que lo hace adecuado para el estudio de las vías de acceso a la ciudad de Tarija, además, se empleará la versión más reciente, publicada el año 2022, la cual incorpora mejoras significativas que optimizan la precisión y claridad en los procedimientos de cálculo.

2.4.2. Selección de las normativas.

Para realizar los aforos de vehículos, los aforos de tiempos de recorrido para el cálculo de las velocidades de punto y el inventario vial, se tomaron como referencia distintos manuales proporcionados por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC). El uso de estos manuales garantiza que el estudio se ajuste a las normas y estándares vigentes en Bolivia, garantizando que los criterios empleados sean adecuados y confiables, esto permite tener una base de datos sólida para el análisis correspondiente de los resultados.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

CAPÍTULO III.

3. DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

3.1. Identificación, descripción y localización precisa de la zona de proyecto.

3.1.1. Acceso Norte.

El acceso norte a la ciudad de Tarija, pertenece a la Ruta 1, pasa por la localidad de Tomatitas, el cual es uno de los principales corredores viales de la región. Esta ruta conecta Tarija con la localidad de San Lorenzo y forma parte de la red fundamental de Bolivia. En esta vía se combina el tránsito local con el tránsito intermunicipal e interdepartamental, lo que la convierte en un punto clave para la movilidad regional.

Tabla 13. Coordenadas del acceso norte

Coordenadas UTM – Acceso Norte		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de Inicio PI – 1	317644.00 m E	7621639.00 m S
Punto final PF – 1	317645.00 m E	7622605.00 m S

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 11. Acceso Norte

Fuente. Elaboración propia.

3.1.2. Acceso Sur.

El acceso sur a la ciudad de Tarija, es parte también de la Ruta 1, ubicado en el cruce Panamericano, es una vía estratégica que conecta la ciudad con la localidad de Padcaya y otras zonas del sur del país. Este tramo es de gran importancia no solo para el tránsito local, sino también para el tránsito intermunicipal e interdepartamental, ya que facilita el transporte de personas y mercancías hacia las áreas productivas del sur de Tarija y hacia la frontera con Argentina.

Tabla 14. Coordenadas del acceso sur

Coordenadas UTM – Acceso Sur		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de Inicio PI – 2	326969.00 m E	7614213.00 m S
Punto final PF – 2	327555.00 m E	7613441.00 m S

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 12. Acceso Sur.

Fuente. Elaboración propia.

3.1.3. Acceso Sur – Este.

El acceso sur – este a la ciudad de Tarija, pertenece a la Ruta 11 y también forma parte de la red fundamental de Bolivia. Esta vía conecta Tarija con la localidad de Entre Ríos y otras zonas del Chaco tarijeño, siendo un corredor clave para el transporte de productos agrícolas, ganaderos y recursos naturales hacia la ciudad. La Ruta 11 es fundamental para la integración regional, ya que facilita el tránsito tanto local como interprovincial, promoviendo el intercambio comercial y la conectividad entre Tarija y el oriente boliviano.

Tabla 15. Coordenadas del acceso sur – este.

Coordenadas UTM del Acceso Sur – Este		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de Inicio PI – 3	326971.00 m E	7614238.00 m S
Punto final PF – 3	327969.00 m E	7614370.00 m S

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 13. Acceso Sur – Este.

Fuente. Elaboración propia.

3.2. Criterios del diseño metodológico.

3.2.1. Unidad de muestra.

La unidad de muestra será una vía de acceso a la ciudad de Tarija, perteneciente a la red fundamental.

3.2.2. Población.

Dado que la población es finita, se tomarán en cuenta todas las vías de acceso a Tarija que pertenezcan a la red fundamental.

$$\mathbf{N = 3}$$

3.2.3. Tamaño de la muestra.

$$\boldsymbol{n = \frac{Z^2 * N * \sigma^2}{(N-1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2}}$$

Donde:

N = Población.

e = valor de error (5%)

σ^2 = varianza.

z = variable estandarizada que mide la dispersión entre la desviación y la media.

Tabla 16. Relación de la varianza con el tiempo en meses

Valor σ^2	**Tiempo [mes]**
0.20 – 0.25	> 6
0.15 – 0.19	4 a 6
0.10 – 0.14	3 a 4

Fuente: (Yurquina Flores, 2024)

Tabla 17. Variable estadística Z según el nivel de confianza

Nivel de Confianza (NC) [%]	Variable (z)
90	1.64
95	1.96
97	2.17
98	2.33
99	2.58

Fuente: (Yurquina Flores, 2024)

Teniendo en cuanta lo anterior el tamaño de la muestra es:

N = 3

e = 0.05 de error

σ^2 = 0.10 (según la tabla 11)

Z = 1.96 (según la tabla 12)

$$n = \frac{Z^2 * N * \sigma^2}{(N-1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2} = \frac{1.96^2 * 3 * 0.10}{(3-1) * 0.05^2 + 1.96^2 * 0.10}$$

$$n = 2.96 \approx 3$$

$$\boldsymbol{n = 3\ vias}$$

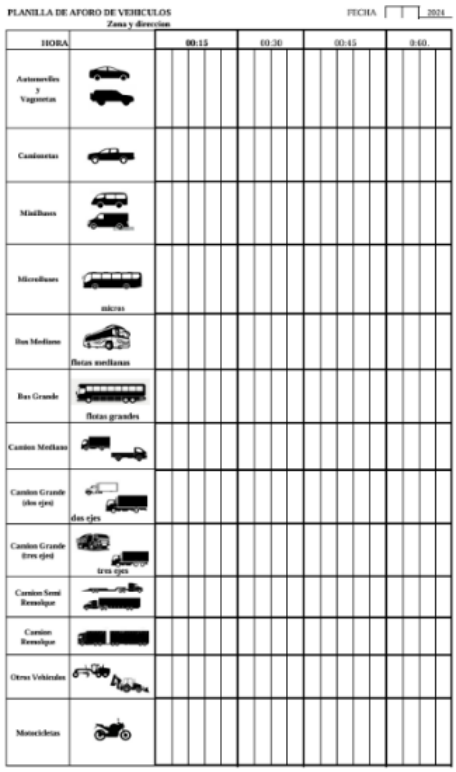
El tamaño de la muestra incluirá las 3 vías de accesos a la ciudad de Tarija.

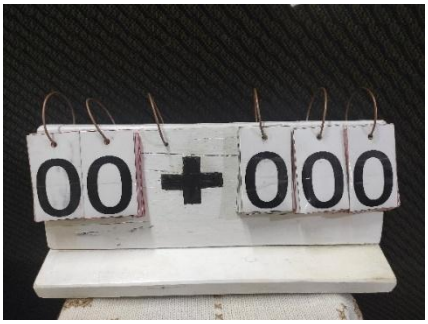
3.3. Procedimiento para la recolección de datos.

3.3.1. Materiales.

Para el presente estudio se usaron los siguientes materiales:

Tabla 18. Materiales usados para el levantamiento de datos.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Planilla de aforo	
	Para la planilla de aforo, se tomó como referencia la plantilla proporcionada por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)**,** como así también la clasificación vehicular. (Anexo 1)
Cronometro	
	El cronómetro es un instrumento para medir intervalos de tiempo, y en este trabajo se utiliza para registrar los tiempos de recorrido de los vehículos.
Wincha	
	La wincha es un instrumento utilizado para medir distancias, y en este trabajo se empleó para medir la sección de la vía, como el ancho de calzada

Flexo	
	El flexómetro también es un instrumento para medir distancias; en este caso, se utilizó para medir la berma de la carretera con mayor precisión.
Tablero portátil	
	El tablero de madera portátil es una herramienta utilizada para marcar las progresivas a lo largo de la vía, facilitando la identificación de puntos específicos en el tramo de estudio.

Fuente. Elaboración propia.

3.3.2. Procedimiento.

- En primer lugar, se llevó a cabo un recorrido de campo para identificar las zonas con mayor congestionamiento en las vías de acceso a la ciudad de Tarija.
- Tras la identificación de los puntos críticos de congestión, se establecerán los puntos principales de aforo, ubicados estratégicamente sobre las carreteras principales de cada tramo en estudio.
- El aforo vehicular se realizó conforme a lo estipulado en el manual de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), que establece la realización de aforos en carreteras principales durante 24 horas del día, por 7 días consecutivos.
- Finalizado el proceso de aforo, se procederá a levantar un inventario vial de la señalización vertical y horizontal a lo largo de un kilómetro, correspondiente a la distancia definida para cada tramo de estudio.
- Posteriormente, se llevó a cabo la recolección de datos para el estudio de velocidades, cronometrando el tiempo de recorrido de los vehículos en las distintas secciones.

- También se realizará un aforo mediante el número de placas, con el fin de realizar un estudio de estacionamiento en cada uno de los accesos.
- Con todos los datos recopilados, se continuó con el trabajo de gabinete, procesando y analizando la información obtenida para su posterior interpretación.

3.4. Recopilación datos.

3.4.1. Acceso Norte.

Para el acceso norte, el cual es la ruta Tarija – San lorenzo, se tomó como referencia un tramo de un kilómetro para el estudio. En este kilómetro se identificaron 4 intersecciones importantes, las cuales también fueron objeto de aforo para observar los vehículos que ingresan y salen de la carretera principal. Sin embargo, el punto de aforo principal es el denominado "**punto de aforo 1**", ya que en esta zona es donde se presenta mayor congestionamiento.

Tabla 19. Características geométricas del acceso norte

ACCESO NORTE		
Elemento	**Medida**	**Unidad**
Tramo de estudio	1	Km
Pendiente	1	%
Calzada	7	m
Carril	3.5	m

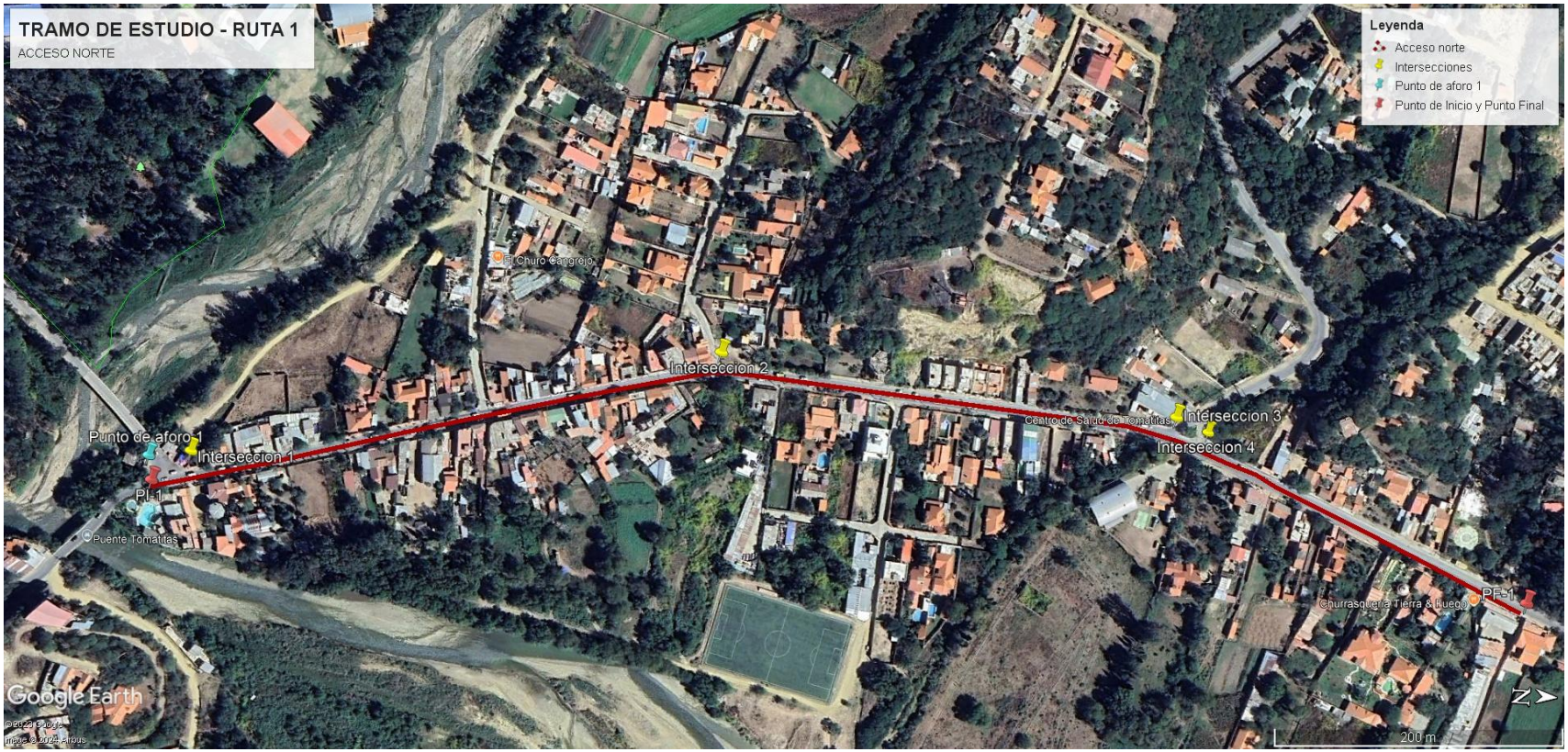
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 20. Coordenadas UTM del tramo de estudio – Acceso Norte

Coordenadas UTM – Acceso Norte		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de inicio PI – 1	317644.00 m E	7621639.00 m S
Punto final PF – 1	317645.00 m E	7622605.00 m S
Punto de aforo 1	317627.00 m E	7621635.00 m S
Intersección 1	317621.00 m E	7621665.00 m S
Intersección 2	317519.00 m E	7622034.00 m S
Intersección 3	317537.00 m E	7622356.00 m S
Intersección 4	317545.00 m E	7622379.00 m S

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 14. Tramo de estudio - Acceso Norte



Fuente. Elaboración propia.

3.4.1.1. Aforo de vehículos de la semana.

Los aforos en la carretera principal se llevaron a cabo desde el lunes 12 de agosto hasta el domingo 18 de agosto, con el apoyo de personal previamente capacitado. A continuación, se presenta una tabla resumen de los aforos realizados, destacando las horas más representativas del flujo vehicular, que se registraron entre las 06:00 a.m. y las 21:00 p.m.

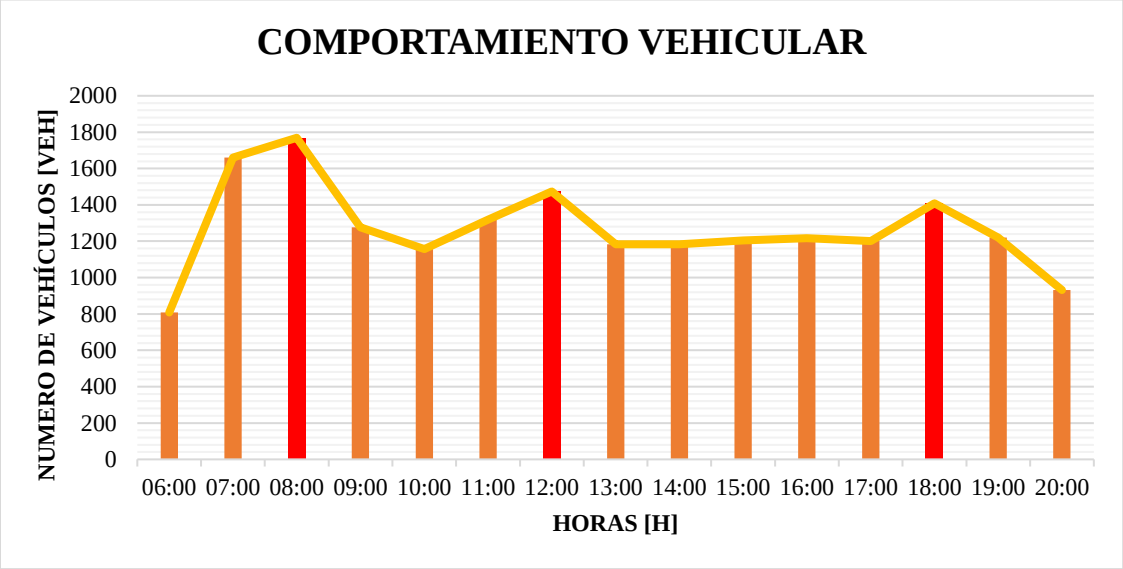
LUNES 12 / 08 / 2024

Tabla 21. Flujo vehicular del día lunes

HORA	LUNES
06:00 - 07:00	808
07:00 - 08:00	1660
08:00 - 09:00	1769
09:00 - 10:00	1276
10:00 - 11:00	1156
11:00 - 12:00	1318
12:00 - 13:00	1473
13:00 - 14:00	1183
14:00 - 15:00	1183
15:00 - 16:00	1205
16:00 - 17:00	1216
17:00 - 18:00	1201
18:00 - 19:00	1408
19:00 - 20:00	1221
20:00 - 21:00	931

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 15. Comportamiento vehicular del día lunes



Fuente. Elaboración propia

Como se puede apreciar las horas pico para el día lunes son a las 08:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 22. Clsificacion vehicular de las horas pico del día lunes

TIPO DE VEHÍCULOS	08:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	524	290	386	353	361	321
Camionetas	127	57	63	75	79	65
Minibuses	159	69	89	82	71	76
Microbuses	147	39	42	42	37	31
Bus mediano	2	1	1	1	0	0
Bus grande	2	0	1	0	0	4
Camión mediano	39	32	10	14	8	19
Camión grande dos ejes	33	5	21	31	14	23
Camión grande tres ejes	9	20	11	11	4	6
Camión semirremolque	7	1	2	3	0	2
Camión remolque	4	0	0	1	1	3
Otros vehículos	0	3	0	1	0	0
Motocicleta	130	69	127	106	148	135

Fuente. Elaboración propia

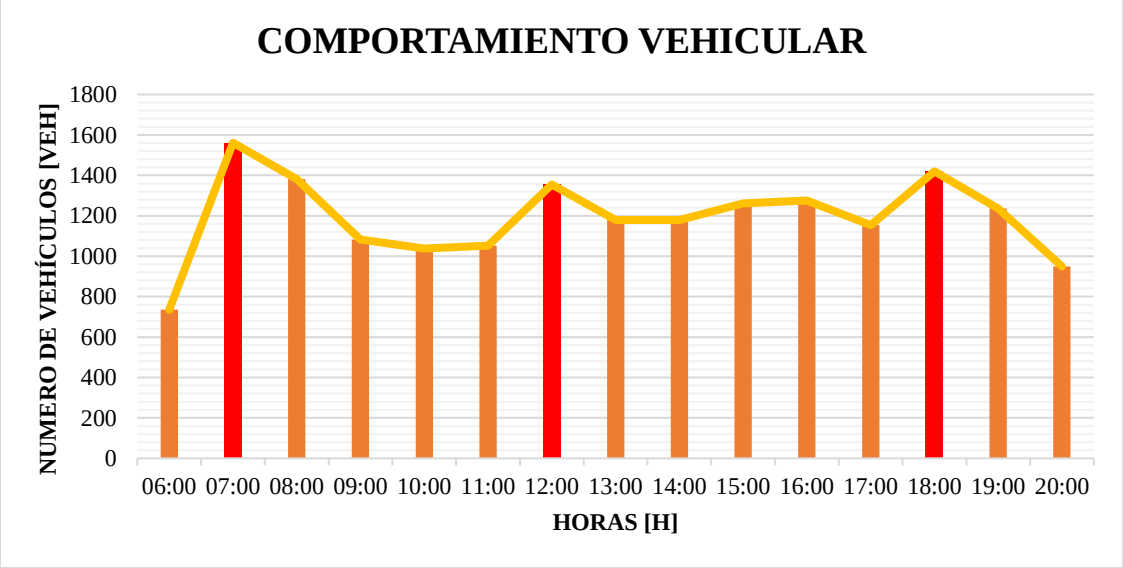
MARTES 13 / 08 / 2024

Tabla 23. Flujo vehicular del día martes.

HORA	MARTES
06:00 - 07:00	735
07:00 - 08:00	1561
08:00 - 09:00	1382
09:00 - 10:00	1083
10:00 - 11:00	1038
11:00 - 12:00	1052
12:00 - 13:00	1354
13:00 - 14:00	1179
14:00 - 15:00	1179
15:00 - 16:00	1261
16:00 - 17:00	1276
17:00 - 18:00	1153
18:00 - 19:00	1420
19:00 - 20:00	1236
20:00 - 21:00	949

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 16. comportamiento vehicular del día martes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día martes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 24. Clasificación vehicular de las horas pico del día martes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	465	283	250	366	364	332
Camionetas	78	55	51	69	79	55
Minibuses	107	70	70	89	69	76
Microbuses	60	28	44	47	45	32
Bus mediano	0	0	1	0	0	0
Bus grande	4	0	1	0	0	4
Camión mediano	18	25	14	33	7	20
Camión grande dos ejes	20	16	21	13	12	17
Camión grande tres ejes	2	5	6	1	4	7
Camión semirremolque	5	2	3	3	0	2
Camión remolque	1	1	0	1	2	4
Otros vehículos	2	3	0	0	0	0
Motocicleta	206	105	106	165	154	135

Fuente. Elaboración propia.

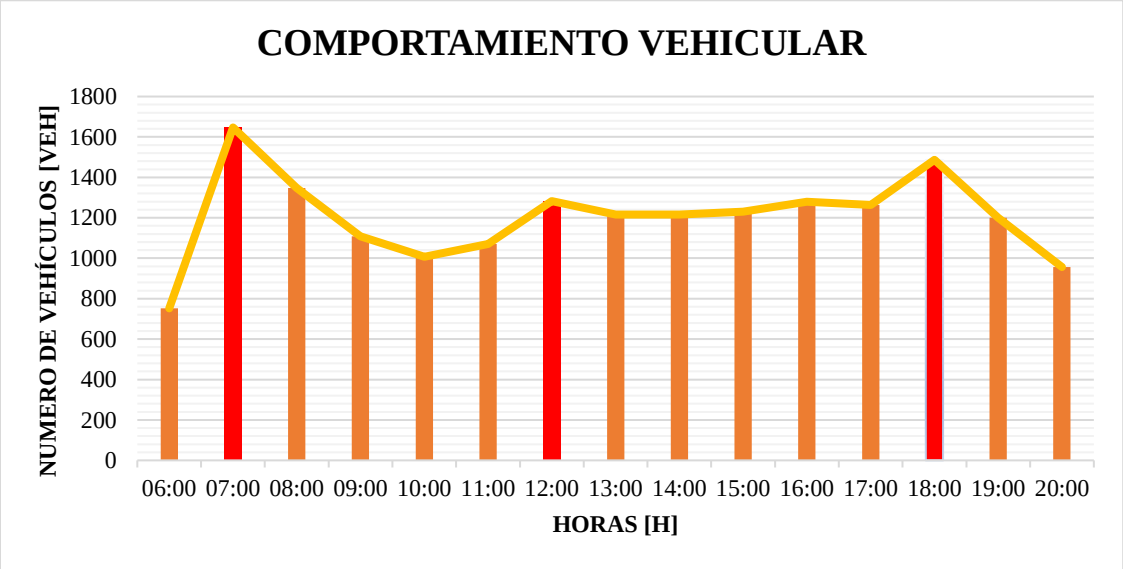
MIÉRCOLES 14 / 08 / 2024.

Tabla 25. Flujo vehicular del día miércoles.

HORA	MIERCOLES
06:00 - 07:00	752
07:00 - 08:00	1647
08:00 - 09:00	1348
09:00 - 10:00	1108
10:00 - 11:00	1007
11:00 - 12:00	1070
12:00 - 13:00	1283
13:00 - 14:00	1216
14:00 - 15:00	1216
15:00 - 16:00	1230
16:00 - 17:00	1279
17:00 - 18:00	1263
18:00 - 19:00	1486
19:00 - 20:00	1200
20:00 - 21:00	957

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 17. Comportamiento vehicular del día miércoles.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día miércoles son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 26. Clasificación vehicular de las horas pico del día miércoles.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	524	285	223	355	367	334
Camionetas	81	53	59	67	75	79
Minibuses	105	75	74	94	68	84
Microbuses	54	30	46	49	42	36
Bus mediano	3	0	0	0	0	1
Bus grande	1	0	1	0	0	4
Camión mediano	18	24	20	27	22	18
Camión grande dos ejes	26	14	11	24	31	24
Camión grande tres ejes	7	5	8	5	3	4
Camión semirremolque	7	1	4	2	0	1
Camión remolque	0	1	0	0	0	3
Otros vehículos	1	1	0	0	0	0
Motocicleta	219	112	87	127	146	144

Fuente. Elaboración propia.

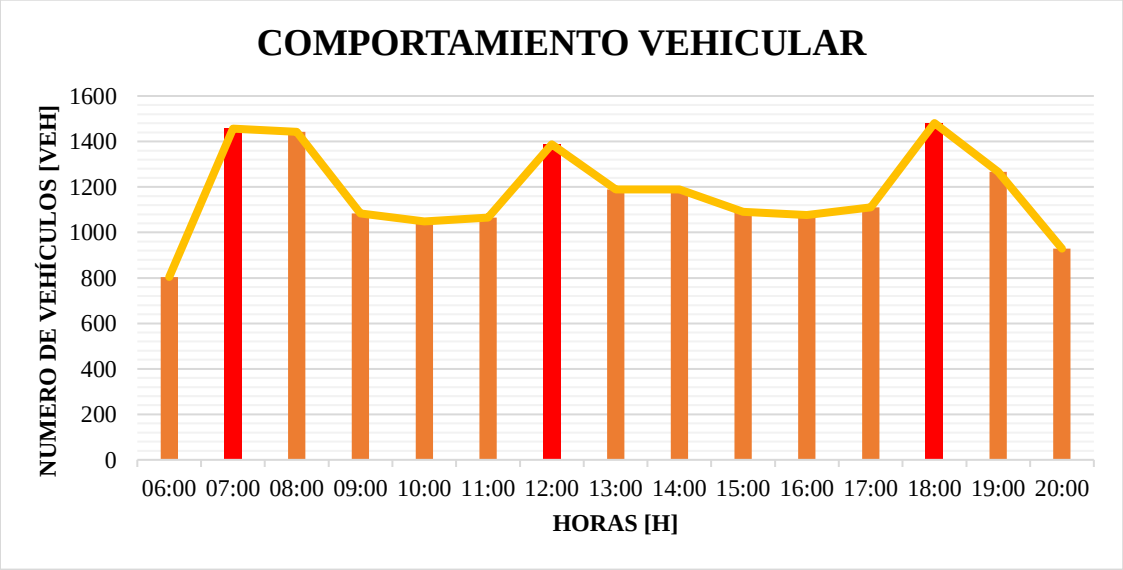
JUEVES 15 / 08 / 2024

Tabla 27. Flujo vehicular del día jueves.

HORA	JUEVES
06:00 - 07:00	804
07:00 - 08:00	1456
08:00 - 09:00	1442
09:00 - 10:00	1083
10:00 - 11:00	1048
11:00 - 12:00	1065
12:00 - 13:00	1387
13:00 - 14:00	1189
14:00 - 15:00	1189
15:00 - 16:00	1091
16:00 - 17:00	1077
17:00 - 18:00	1110
18:00 - 19:00	1481
19:00 - 20:00	1266
20:00 - 21:00	929

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 18. Comportamiento vehicular del día jueves.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día jueves son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 28. Clasificación vehicular de las horas pico del día jueves.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	492	257	273	362	363	354
Camionetas	103	42	65	80	71	67
Minibuses	117	67	87	82	78	60
Microbuses	53	32	42	38	31	35
Bus mediano	1	0	0	0	0	3
Bus grande	1	0	1	1	0	5
Camión mediano	18	7	15	17	16	21
Camión grande dos ejes	15	13	23	8	21	17
Camión grande tres ejes	4	7	3	19	2	8
Camión semirremolque	3	1	3	2	0	5
Camión remolque	4	2	1	1	1	2
Otros vehículos	0	1	0	0	2	2
Motocicleta	147	69	125	139	162	155

Fuente. Elaboración propia.

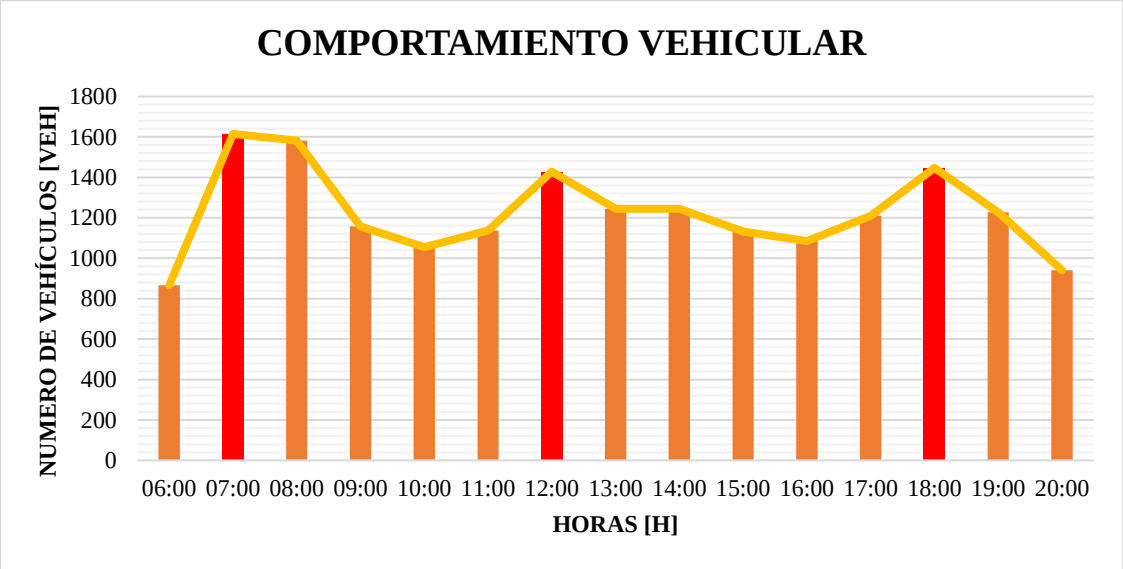
VIERNES 16 / 08 / 2024

Tabla 29. Flujo vehicular del día viernes.

HORA	VIERNES
06:00 - 07:00	866
07:00 - 08:00	1615
08:00 - 09:00	1582
09:00 - 10:00	1157
10:00 - 11:00	1055
11:00 - 12:00	1137
12:00 - 13:00	1428
13:00 - 14:00	1245
14:00 - 15:00	1245
15:00 - 16:00	1132
16:00 - 17:00	1084
17:00 - 18:00	1209
18:00 - 19:00	1448
19:00 - 20:00	1227
20:00 - 21:00	940

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 19. Comportamiento vehicular del día viernes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día viernes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:0

Tabla 30. Clasificación vehicular de las horas pico del día viernes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	521	302	281	382	335	362
Camionetas	91	59	68	58	77	73
Minibuses	105	65	89	82	66	80
Microbuses	50	23	42	39	25	27
Bus mediano	1	0	1	1	0	0
Bus grande	5	0	0	0	0	5
Camión mediano	16	15	23	22	19	19
Camión grande dos ejes	37	14	32	31	21	8
Camión grande tres ejes	6	7	6	5	3	7
Camión semirremolque	2	0	4	5	8	4
Camión remolque	2	0	2	3	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	1	0
Motocicleta	195	99	118	134	150	158

Fuente. Elaboración propia.

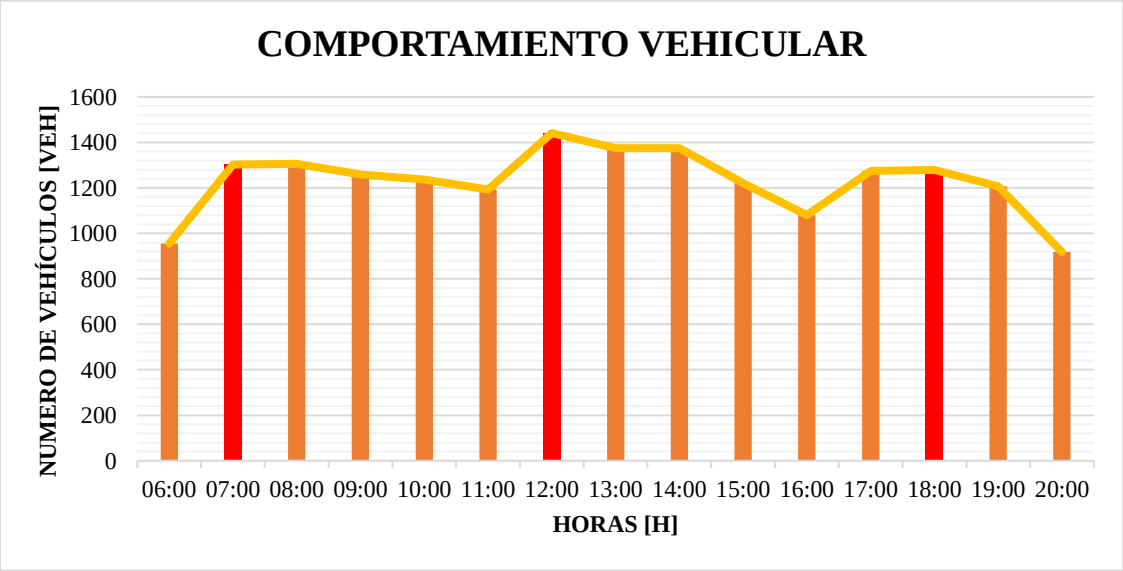
SABADO 17 / 08 / 2024

Tabla 31. flujo vehicular del día sábado.

HORA	SABADO
06:00 - 07:00	955
07:00 - 08:00	1303
08:00 - 09:00	1305
09:00 - 10:00	1259
10:00 - 11:00	1237
11:00 - 12:00	1193
12:00 - 13:00	1441
13:00 - 14:00	1374
14:00 - 15:00	1374
15:00 - 16:00	1221
16:00 - 17:00	1081
17:00 - 18:00	1275
18:00 - 19:00	1279
19:00 - 20:00	1207
20:00 - 21:00	918

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 20. Comportamiento vehicular del día sábado.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día sábado son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 32. Clasificación vehicular de las horas pico del día sábado.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	352	270	299	457	338	358
Camionetas	65	62	74	85	76	69
Minibuses	91	58	68	65	73	64
Microbuses	38	14	38	35	24	18
Bus mediano	1	0	0	1	0	0
Bus grande	5	0	0	0	0	6
Camión mediano	18	14	12	26	17	21
Camión grande dos ejes	29	13	23	12	13	11
Camión grande tres ejes	10	4	0	1	0	6
Camión semirremolque	9	4	5	4	4	2
Camión remolque	0	0	0	0	2	1
Otros vehículos	1	1	0	0	0	1
Motocicleta	161	83	118	118	88	87

Fuente. Elaboración propia.

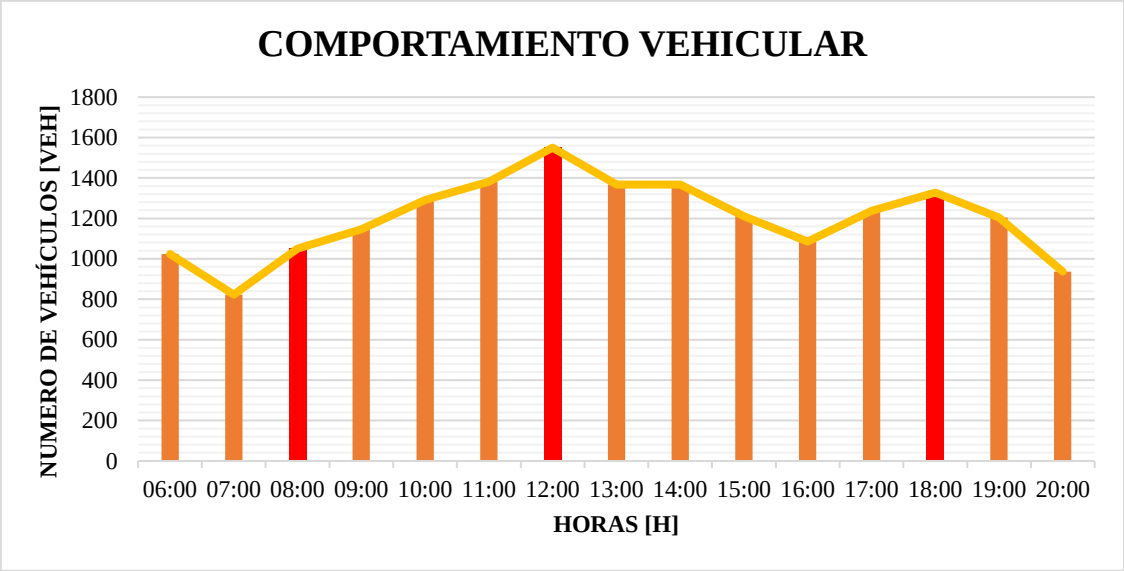
DOMINGO 18 / 08 / 2024

Tabla 33. Flujo vehicular del día domingo.

HORA	DOMINGO
06:00 - 07:00	1024
07:00 - 08:00	823
08:00 - 09:00	1050
09:00 - 10:00	1146
10:00 - 11:00	1292
11:00 - 12:00	1381
12:00 - 13:00	1550
13:00 - 14:00	1368
14:00 - 15:00	1368
15:00 - 16:00	1211
16:00 - 17:00	1085
17:00 - 18:00	1237
18:00 - 19:00	1327
19:00 - 20:00	1204
20:00 - 21:00	937

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 21. Comportamiento vehicular del día domingo.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día domingo son a las 08:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 34. Clasificación vehicular de las horas pico del día domingo.

TIPO DE VEHÍCULOS	08:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	310	233	359	578	340	367
Camionetas	60	48	61	110	91	72
Minibuses	89	62	57	79	75	58
Microbuses	32	25	24	31	26	21
Bus mediano	2	0	0	0	0	0
Bus grande	2	0	0	0	0	2
camión mediano	14	11	7	12	22	24
camión grande dos ejes	4	3	6	7	10	11
camión grande tres ejes	0	0	1	3	1	3
camión semirremolque	2	2	0	3	6	3
camión remolque	0	0	0	0	2	1
Otros vehículos	0	1	0	0	0	1
Motocicleta	97	53	84	128	98	93

Fuente. Elaboración propia.

3.4.1.2.Aforo de intersecciones.

El aforo de las intersecciones se llevó a cabo en las horas pico del día en donde se presentó más flujo vehicular, en este caso para el acceso norte, se llevó a cabo el día lunes, a continuación, se mostrarán los aforos de los vehículos de entran y salen de la carretera principal mediante los accesos.

Tabla 35. Aforos de las intersecciones del acceso norte a las 8 am.

TIPO DE VEHÍCULOS	08:00 - 09:00							
	Intersección 1		Intersección 2		Intersección 3		Intersección 4	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	76	115	3	3	42	39	4	1
Camionetas	23	23	0	0	9	5	0	0
Minibuses	19	21	0	0	20	21	0	0
Microbuses	49	41	0	0	11	6	1	0
Bus mediano	0	0	0	0	1	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	2	2	0	0	2	3	0	0
Camión grande dos ejes	3	3	2	1	0	0	2	1
Camión grande tres ejes	0	1	1	1	0	0	0	0
Camión semirremolque	2	1	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	23	45	2	0	18	19	1	1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 36. Aforo de las intersecciones del acceso norte a las 12 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	12:00 - 13:00							
	Intersección 1		Intersección 2		Intersección 3		Intersección 4	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	120	173	3	2	95	45	11	6
Camionetas	42	33	0	0	7	0	0	2
Minibuses	25	17	0	0	38	4	0	0
Microbuses	31	39	0	0	22	16	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	6	0	0	0	4	0	0	0
Camión grande dos ejes	3	5	0	0	3	0	0	2
Camión grande tres ejes	2	1	0	0	0	0	0	0
Camión semirremolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	60	50	2	0	49	7	1	4

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 37. Aforo de las intersecciones del acceso norte a las 18 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	18:00 - 19:00							
	Intersección 1		Intersección 2		Intersección 3		Intersección 4	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	105	75	0	3	52	63	1	0
Camionetas	29	16	0	0	16	18	0	2
Minibuses	24	17	0	0	30	27	0	0
Microbuses	34	22	0	0	33	29	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	2	0	0	0	0	0	0	0
Camión grande dos ejes	3	0	0	0	0	0	0	2
Camión grande tres ejes	1	1	0	0	0	1	0	0
Camión semirremolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	25	6	1	2	36	25	1	2

Fuente. Elaboración propia.

3.4.1.3.Aforos de los tiempos de recorrido.

VELOCIDAD DE PUNTO.

Para calcular la velocidad de punto, se realizaron aforos de los tiempos que los vehículos tardan en recorrer una distancia de 75 metros en ambos sentidos de circulación, este aforo se

llevó a cabo en dos subtramos dentro del tramo de estudio, seleccionados debido a su representatividad del comportamiento del flujo vehicular. La recolección de datos se efectuó durante 8 horas, clasificando los vehículos en livianos y pesados, según lo que indica el manual de la administradora boliviana de carreteras (ABC). El aforo de los tiempos de recorrido se encuentra en el anexo (7, 8, 9 y 10) y el cálculo de las velocidades en el anexo (11, 12, 13 y 14)

VELOCIDAD DE CRUCERO Y DE RECORRIDO TOTAL.

Para calcular la velocidad de recorrido total, se midió el tiempo que los vehículos tardaron en recorrer el tramo de estudio, cuya longitud es de 1 kilómetro Para este análisis, se tomaron 10 muestras representativas, registrando los tiempos de recorrido y los tiempos de demoras de manera precisa para cada vehículo. Estos tiempos permitieron calcular la velocidad promedio en el tramo, proporcionando una visión general del comportamiento del tránsito a lo largo de la vía estudiada.

Tabla 38. Velocidades de crucero y de recorrido total – Acceso Norte.

Distancia recorrida [m]	Tiempo de circulación [s]	Tiempo de demoras [s]	Velocidad de recorrido total [km/h]	Velocidad de crucero [km/h]
1000	158,14	13,18	21,01	22,76
1000	155,52	13,04	21,36	23,15
1000	164,01	11,25	20,54	21,95
1000	146,14	13,48	22,55	24,63
1000	157,43	12,16	21,23	22,87
1000	161,42	14,03	20,52	22,30
1000	158,17	15,48	20,73	22,76
1000	156,48	13,16	21,22	23,01
1000	164,01	13,55	20,27	21,95
1000	163,09	13,56	20,38	22,07

Velocidad de recorrido total	20,98	Km/h
Velocidad de crucero	22,75	Km/h

Fuente. Elaboración propia.

3.4.2. Acceso Sur.

Para el acceso sur, el cual es la ruta Tarija – Padcaya, se tomó como referencia un tramo de un kilómetro para el estudio. En este kilómetro se identificaron 3 intersecciones importantes y un surtidor, los cuales también fueron objeto de aforo para observar los vehículos que ingresan y salen de la carretera principal. Sin embargo, el punto de aforo principal es el denominado **"punto de aforo 2",** ya que en esta zona es donde se presenta mayor congestionamiento.

Tabla 39. Características geométricas del acceso sur.

ACCESO SUR		
Elemento	**Medida**	**Unidad**
Tramo de estudio	1	Km
Pendiente	1.5	%
Calzada	7.30	m
Carril	3.65	m
Berma	1	m

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 40. Coordenadas UTM del tramo de estudio - Acceso Sur.

Coordenadas UTM – Acceso Sur		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de Inicio PI – 2	326969.00 m E	7614213.00 m S
Punto final PF – 2	327555.00 m E	7613441.00 m S
Punto de aforo 2	326996.00 m E	7614199.00 m S
Intersección 1	327012.00 m E	7614205.00 m S
Intersección 2	327379.00 m E	7613762.00 m S
Intersección 3	327483.00 m E	7613553.00 m S
Surtidor	327068.00 m E	7614180.00 m S

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 22. Tramo de estudio - Acceso Sur.

Fuente. Elaboración propia.

3.4.2.1.Aforo de vehículos de la semana.

Los aforos en la carretera principal se llevaron a cabo desde el lunes 2 de septiembre hasta el domingo 8 de septiembre, con el apoyo de personal previamente capacitado. A continuación, se presenta una tabla resumen de los aforos realizados, destacando las horas más representativas del flujo vehicular, que se registraron entre las 06:00 a.m. y las 21:00 p.m.

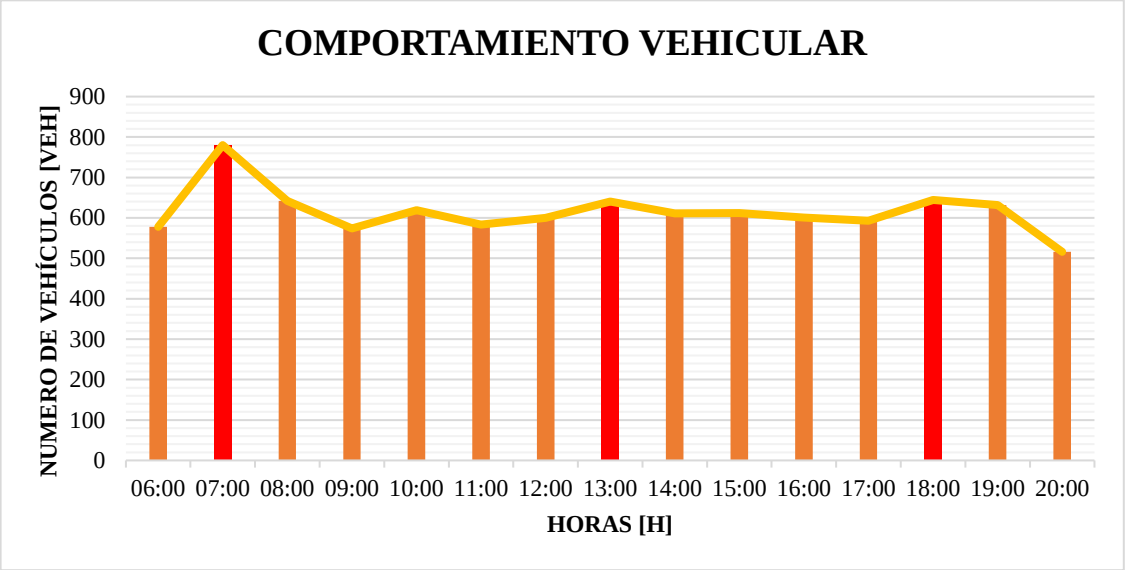
LUNES 02 / 09 / 2024

Tabla 41. Flujo vehicular del día lunes.

HORA	LUNES
06:00 - 07:00	578
07:00 - 08:00	780
08:00 - 09:00	642
09:00 - 10:00	574
10:00 - 11:00	619
11:00 - 12:00	583
12:00 - 13:00	600
13:00 - 14:00	640
14:00 - 15:00	611
15:00 - 16:00	612
16:00 - 17:00	601
17:00 - 18:00	593
18:00 - 19:00	644
19:00 - 20:00	632
20:00 - 21:00	516

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 23. Comportamiento vehicular del día lunes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día lunes son a las 07:00 am, 13:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 42. Clasificación vehicular de las horas pico del día lunes

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		13:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	192	247	181	160	184	157
Camionetas	35	56	34	38	58	36
Minibuses	12	26	30	26	20	19
Microbuses	3	2	6	2	1	4
Bus mediano	1	2	0	5	0	0
Bus grande	2	0	0	3	5	1
Camión mediano	28	14	11	17	23	4
Camión grande dos ejes	20	22	13	19	21	14
Camión grande tres ejes	4	10	7	9	3	2
Camión semirremolque	4	7	1	3	2	4
Camión remolque	1	0	2	0	1	0
Otros vehículos	0	1	0	0	0	0
Motocicleta	38	53	27	46	62	23

Fuente. Elaboración propia.

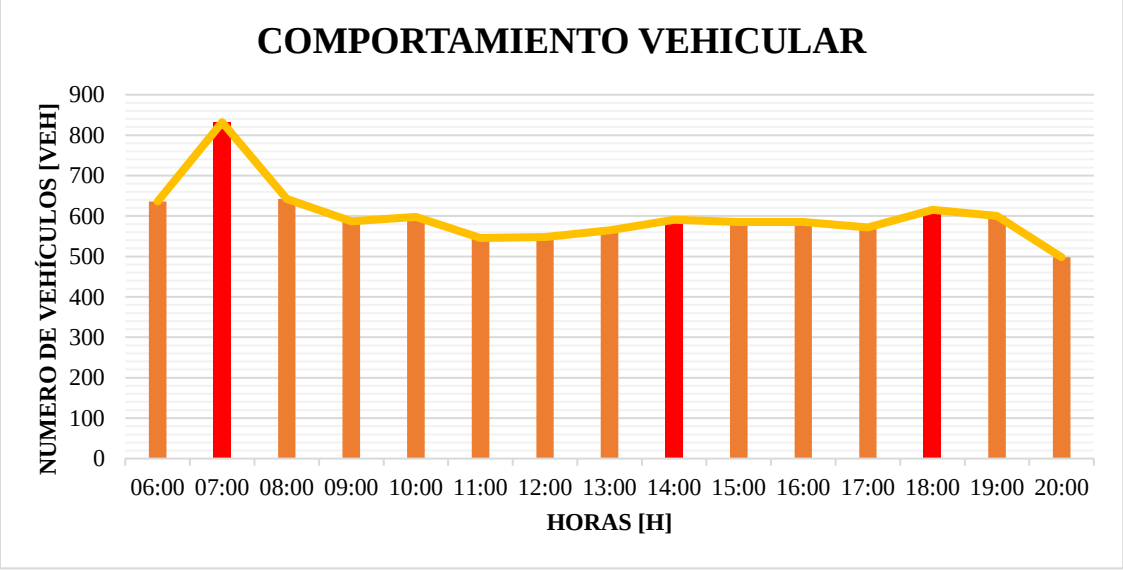
MARTES 03 / 09 / 2024

Tabla 43. Flujo vehicular del día martes.

HORA	MARTES
06:00 - 07:00	636
07:00 - 08:00	832
08:00 - 09:00	642
09:00 - 10:00	587
10:00 - 11:00	598
11:00 - 12:00	546
12:00 - 13:00	548
13:00 - 14:00	565
14:00 - 15:00	591
15:00 - 16:00	585
16:00 - 17:00	585
17:00 - 18:00	572
18:00 - 19:00	615
19:00 - 20:00	600
20:00 - 21:00	498

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 24. Comportamiento vehicular del día martes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día martes son a las 07:00 am, 14:00 pm y 18:00 pm.

FIGURA 25. Clasificación vehicular de las horas pico del día martes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		14:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	185	247	159	168	181	179
Camionetas	39	69	24	26	41	31
Minibuses	20	30	25	35	26	26
Microbuses	4	2	1	4	1	4
Bus mediano	1	2	0	2	0	0
Bus grande	3	0	0	2	2	1
Camión mediano	28	19	12	15	21	12
Camión grande dos ejes	24	29	10	14	16	12
Camión grande tres ejes	4	10	4	5	6	2
Camión semirremolque	4	5	0	2	1	3
Camión remolque	1	0	1	0	2	1
Otros vehículos	0	1	0	0	0	0
Motocicleta	40	65	29	31	37	34

Fuente. Elaboración propia.

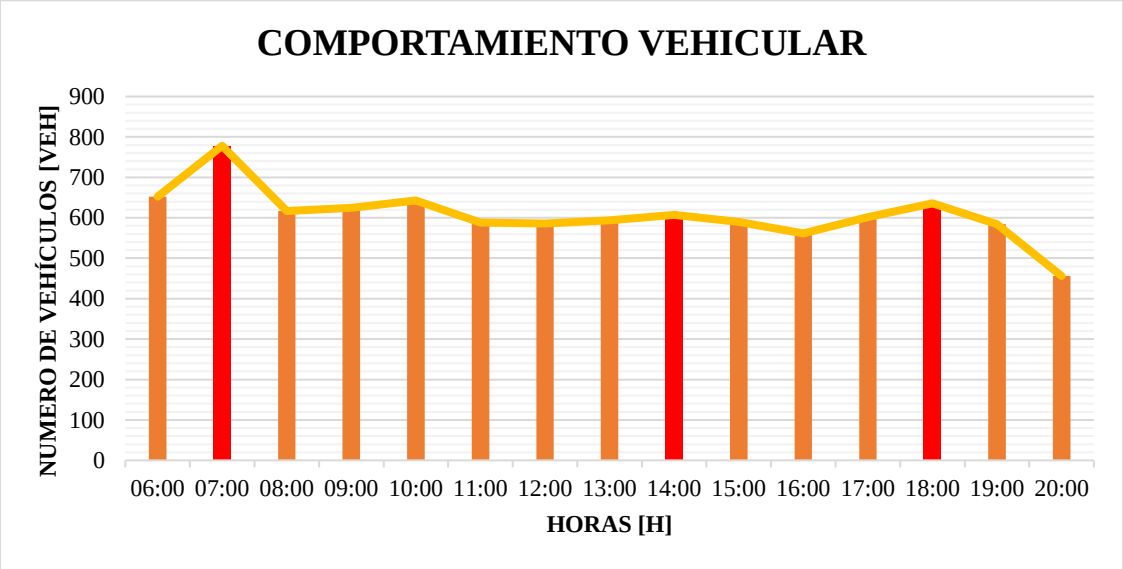
MIERCOLES 04 / 09 / 2024

Tabla 44. Flujo vehicular del día miércoles.

HORA	MIERCOLES
06:00 - 07:00	652
07:00 - 08:00	778
08:00 - 09:00	617
09:00 - 10:00	625
10:00 - 11:00	643
11:00 - 12:00	588
12:00 - 13:00	586
13:00 - 14:00	594
14:00 - 15:00	607
15:00 - 16:00	590
16:00 - 17:00	561
17:00 - 18:00	602
18:00 - 19:00	636
19:00 - 20:00	584
20:00 - 21:00	456

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 26. Comportamiento vehicular del día miércoles.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día miércoles son a las 07:00 am, 14:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 45. Clasificación vehicular de las horas pico del día miércoles.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		14:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	181	225	152	171	192	169
Camionetas	34	58	32	37	28	32
Minibuses	27	33	25	30	30	23
Microbuses	3	2	0	3	1	2
Bus mediano	0	2	1	2	1	0
Bus grande	1	3	1	2	1	1
Camión mediano	26	18	21	17	25	15
Camión grande dos ejes	26	33	13	17	25	16
Camión grande tres ejes	6	7	10	7	11	4
Camión semirremolque	6	0	0	2	1	4
Camión remolque	2	0	1	0	1	2
Otros vehículos	1	1	0	0	0	0
Motocicleta	29	54	34	36	39	38

Fuente. Elaboración propia.

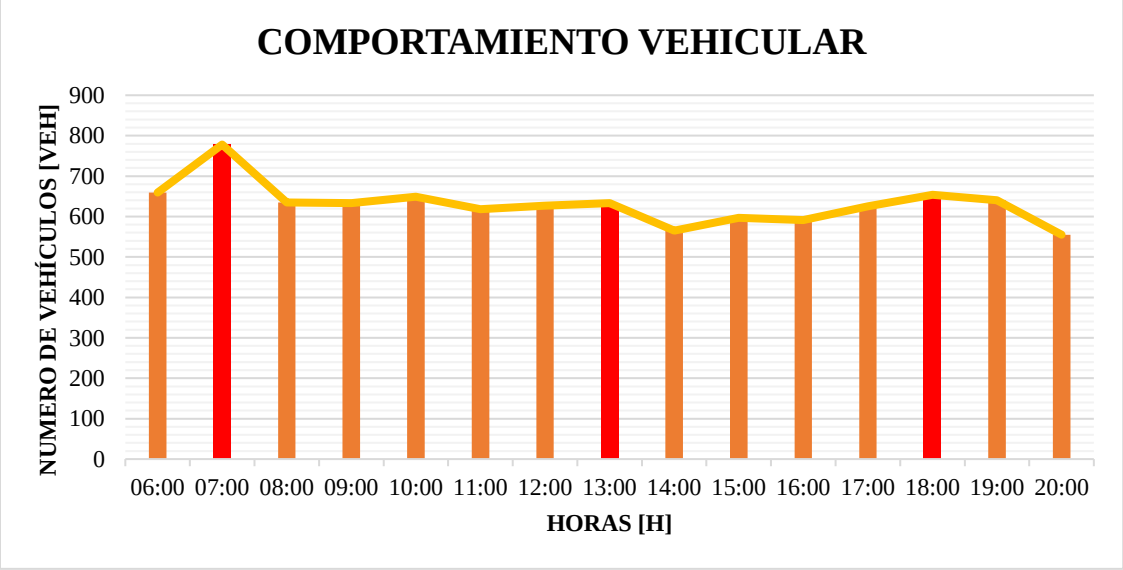
JUEVES 05 / 09 / 2024

Tabla 46. Flujo vehicular del día jueves.

HORA	JUEVES
06:00 - 07:00	659
07:00 - 08:00	778
08:00 - 09:00	635
09:00 - 10:00	633
10:00 - 11:00	649
11:00 - 12:00	618
12:00 - 13:00	627
13:00 - 14:00	633
14:00 - 15:00	565
15:00 - 16:00	597
16:00 - 17:00	591
17:00 - 18:00	625
18:00 - 19:00	654
19:00 - 20:00	640
20:00 - 21:00	555

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 27. Comportamiento vehicular del día jueves.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día jueves son a las 07:00 am, 13:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 47. Clasificación vehicular de las horas pico del día jueves.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		13:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	192	232	178	179	208	181
Camionetas	32	49	33	44	51	31
Minibuses	29	31	20	23	29	28
Microbuses	5	3	2	3	2	3
Bus mediano	0	2	0	1	0	1
Bus grande	2	3	1	1	3	0
Camión mediano	25	18	12	17	10	14
Camión grande dos ejes	23	29	16	24	19	6
Camión grande tres ejes	7	12	4	7	6	3
Camión semirremolque	6	0	1	3	3	2
Camión remolque	2	0	0	0	1	1
Otros vehículos	1	1	0	0	0	0
Motocicleta	29	45	24	40	51	26

Fuente. Elaboración propia.

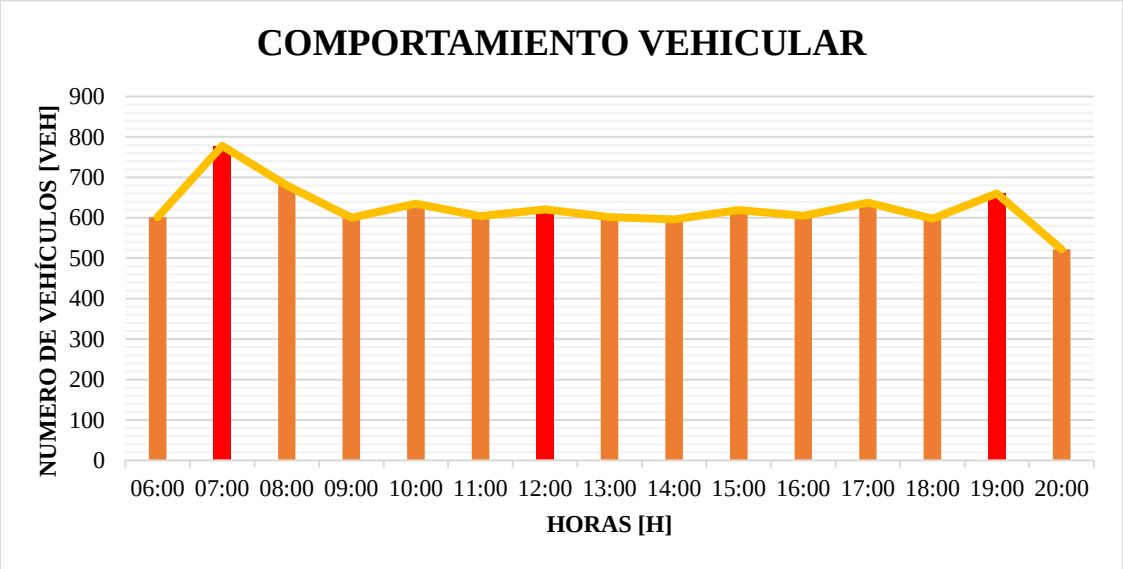
VIERNES 06 / 09 / 2024

Tabla 48. Flujo vehicular del día viernes.

HORA	VIERNES
06:00 - 07:00	602
07:00 - 08:00	778
08:00 - 09:00	680
09:00 - 10:00	600
10:00 - 11:00	635
11:00 - 12:00	604
12:00 - 13:00	621
13:00 - 14:00	602
14:00 - 15:00	596
15:00 - 16:00	619
16:00 - 17:00	605
17:00 - 18:00	637
18:00 - 19:00	598
19:00 - 20:00	660
20:00 - 21:00	522

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 28. Comportamiento vehicular del día viernes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día viernes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 19:00 pm.

Tabla 49. Clasificación vehicular de las horas pico del día viernes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		19:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	145	255	165	183	197	190
Camionetas	43	61	38	44	42	39
Minibuses	28	23	18	28	20	30
Microbuses	6	2	1	1	3	0
Bus mediano	1	4	1	0	1	1
Bus grande	4	3	2	2	3	2
Camión mediano	17	22	19	15	21	10
Camión grande dos ejes	17	32	12	16	14	8
Camión grande tres ejes	11	13	5	5	6	1
Camión semirremolque	6	5	5	1	1	1
Camión remolque	2	3	1	0	0	2
Otros vehículos	0	0	0	1	0	0
Motocicleta	21	54	28	30	34	34

Fuente. Elaboración propia.

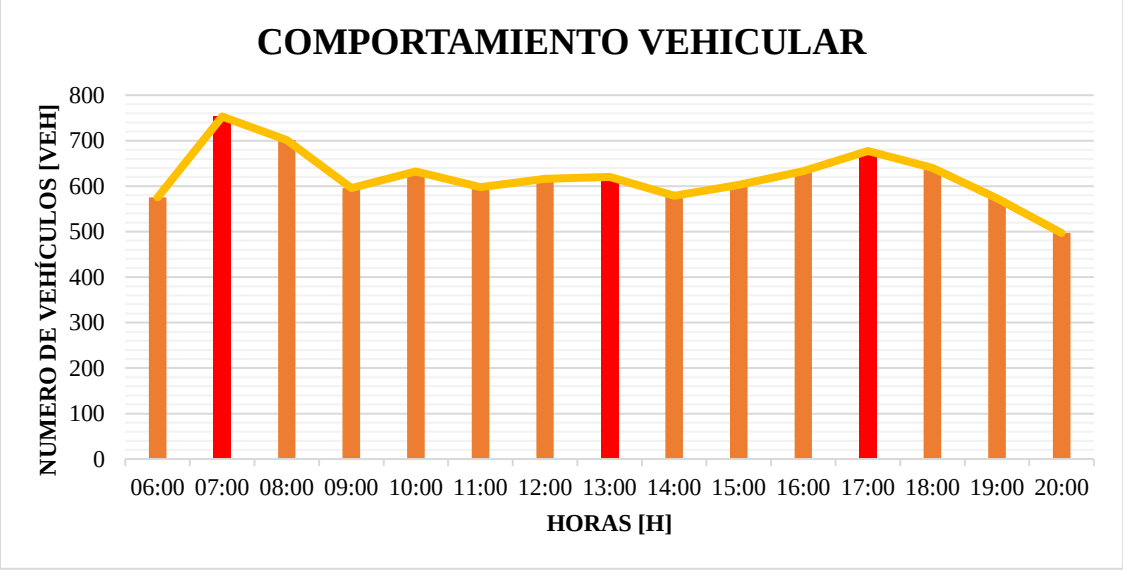
SABADO 07 / 09 / 2024

Tabla 50. Comportamiento vehicular del día sábado.

HORA	SABADO
06:00 - 07:00	575
07:00 - 08:00	753
08:00 - 09:00	701
09:00 - 10:00	596
10:00 - 11:00	632
11:00 - 12:00	598
12:00 - 13:00	616
13:00 - 14:00	620
14:00 - 15:00	579
15:00 - 16:00	603
16:00 - 17:00	633
17:00 - 18:00	677
18:00 - 19:00	640
19:00 - 20:00	573
20:00 - 21:00	497

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 29. Comportamiento vehicular del día sábado.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día sábado son a las 07:00 am, 13:00 pm y 17:00 pm.

Tabla 51. Clasificación vehicular de las horas pico del día sábado.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		13:00		17:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	172	241	182	210	213	179
Camionetas	37	71	39	39	49	25
Minibuses	21	22	26	31	28	18
Microbuses	2	6	1	1	1	4
Bus mediano	3	2	1	1	2	1
Bus grande	0	3	1	1	5	6
Camión mediano	4	10	25	16	19	6
Camión grande dos ejes	25	24	13	19	13	12
Camión grande tres ejes	5	11	9	1	5	3
Camión semirremolque	6	4	1	1	6	2
Camión remolque	0	0	0	0	0	2
Otros vehículos	0	0	0	0	1	0
Motocicleta	34	50	41	34	25	29

Fuente. Elaboración propia.

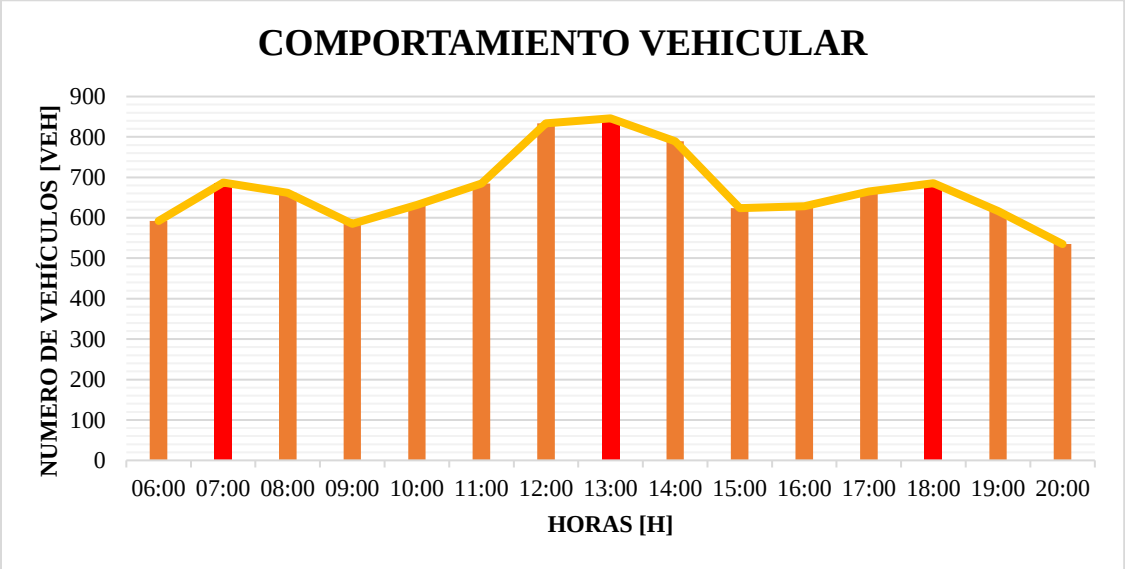
DOMINGO 08 / 09 / 2024

Tabla 52. Flujo vehicular del día domingo.

HORA	DOMINGO
06:00 - 07:00	592
07:00 - 08:00	687
08:00 - 09:00	662
09:00 - 10:00	585
10:00 - 11:00	632
11:00 - 12:00	685
12:00 - 13:00	834
13:00 - 14:00	846
14:00 - 15:00	789
15:00 - 16:00	624
16:00 - 17:00	629
17:00 - 18:00	665
18:00 - 19:00	686
19:00 - 20:00	617
20:00 - 21:00	535

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 30. Comportamiento vehicular del día domingo.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día sábado son a las 07:00 am, 13:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 53. Clasificación vehicular de las horas pico del día domingo.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		13:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	170	222	294	250	262	251
Camionetas	36	44	62	63	43	46
Minibuses	23	60	45	25	35	30
Microbuses	1	2	9	8	3	4
Bus mediano	1	0	0	1	0	1
Bus grande	1	3	4	1	4	0
Camión mediano	15	12	6	12	8	12
Camión grande dos ejes	24	27	6	8	8	16
Camión grande tres ejes	6	9	3	2	3	4
Camión semirremolque	4	2	0	1	0	1
Camión remolque	0	0	0	0	0	1
Otros vehículos	1	1	0	0	0	0
Motocicleta	35	33	21	25	15	26

Fuente. Elaboración propia.

3.4.2.2.Aforo de intersecciones.

El aforo de las intersecciones se llevó a cabo en las horas pico del día en donde se presentó más flujo vehicular, en este caso para el acceso sur, se llevó a cabo el día domingo, a continuación, se mostrarán los aforos de los vehículos de entran y salen de la carretera principal mediante los accesos.

Tabla 54. Aforos de las intersecciones del acceso sur a las 7 am.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00 - 08:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	13	20	4	5	2	2	1	1
Camionetas	0	1	1	1	0	0	0	0
Minibuses	0	2	0	0	0	0	0	0
Microbuses	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	1	1	0	1	0	0	0	0
Camión grande dos ejes	2	1	3	0	0	0	0	0
Camión grande tres ejes	2	0	0	0	0	0	0	0
Camión semirremolque	0	1	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	1	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	1	2	1	1	0	1	1	1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 55. Aforo de las intersecciones del acceso sur a las 13 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	13:00 - 14:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	13	15	11	10	3	1	14	5
Camionetas	0	0	0	0	0	0	0	0
Minibuses	1	0	1	0	0	0	1	0
Microbuses	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus mediano	2	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	1	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	0	1	0	0	0	0	0	0
Camión grande dos ejes	2	2	0	0	0	0	0	0
Camión grande tres ejes	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión semirremolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	1	0	1	3	0	1	0	0

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 56. Aforo de las intersecciones del acceso sur a las 18 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	18:00 - 19:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	3	17	5	4	3	5	3	1
Camionetas	0	2	2	1	0	1	0	0
Minibuses	0	0	3	0	0	0	0	0
Microbuses	1	0	0	0	0	0	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	0	1	0	0	1	0	0	0
Camión grande dos ejes	1	0	0	0	2	1	0	0
Camión grande tres ejes	2	0	0	0	0	0	0	0
Camión semirremolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	3	4	0	1	0	0	0	1

Fuente. Elaboración propia.

3.4.2.3.Aforo de los tiempos de recorrido.

VELOCIDAD DE PUNTO.

Para calcular la velocidad de punto, se realizaron aforos de los tiempos que los vehículos tardan en recorrer una distancia de 75 metros en ambos sentidos de circulación, este aforo se llevó a cabo en dos subtramos dentro del tramo de estudio, seleccionados debido a su

representatividad del comportamiento del flujo vehicular. La recolección de datos se efectuó durante 8 horas, clasificando los vehículos en livianos y pesados, según lo que indica el manual de la administradora boliviana de carreteras (ABC). El aforo de los tiempos de recorrido se encuentra en el anexo (15, 16, 17 y 18) y el cálculo de las velocidades en el anexo (19, 20, 21 y 22)

VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL.

Para calcular la velocidad de recorrido total, se midió el tiempo que los vehículos tardaron en recorrer el tramo de estudio, cuya longitud es de 1 kilómetro Para este análisis, se tomaron 10 muestras representativas, registrando los tiempos de recorrido y los tiempos de demoras de manera precisa para cada vehículo. Estos tiempos permitieron calcular la velocidad promedio en el tramo, proporcionando una visión general del comportamiento del tránsito a lo largo de la vía estudiada.

Tabla 57. Velocidades de crucero y de recorrido total - Acceso Sur.

Distancia recorrida [m]	Tiempo de circulación [s]	Tiempo de demoras [s]	Velocidad de recorrido total [km/h]	Velocidad de crucero [km/h]
1000	133,46	5,99	25,82	26,97
1000	133,06	5,48	25,99	27,06
1000	131,6	5,96	26,17	27,36
1000	128,98	6,47	26,58	27,91
1000	130,53	5,98	26,37	27,58
1000	130,91	6,32	26,23	27,50
1000	128,98	6,47	26,58	27,91
1000	132,67	5,89	25,98	27,13
1000	128,58	6,89	26,57	28,00
1000	132,18	6,38	25,98	27,24

Velocidad de recorrido total	26,23	Km/h
Velocidad de crucero	27,47	Km/h

Fuente. Elaboración propia.

3.4.3. Acceso Sur – Este.

Para el acceso este, el cual es la ruta Tarija – Entre Ríos, se tomó como referencia un tramo de un kilómetro para el estudio. En este kilómetro se identificaron 3 intersecciones importantes y un surtidor, los cuales también fueron objeto de aforo para observar los vehículos que ingresan y salen de la carretera principal. Sin embargo, el punto de aforo principal es el denominado **"punto de aforo 3"**, ya que en esta zona es donde se presenta mayor congestionamiento.

Tabla 58. Características geométricas del acceso sur – este.

ACCESO SUR – ESTE		
Elemento	**Medida**	**Unidad**
Tramo de estudio	1	Km
Pendiente	1	%
Calzada	7.30	m
Carril	3.65	m
Berma	1	m

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 59. Coordenadas UTM del tramo de estudio del Acceso Sur – Este.

Coordenadas UTM del Acceso Sur – Este		
Elemento	**Este.**	**Norte.**
Punto de Inicio PI – 3	326971.00 m E	7614238.00 m S
Punto final PF – 3	327969.00 m E	7614370.00 m S
Punto de aforo 3	326994.00 m E	7614246.00 m S
Intersección 1	327035.00 m E	7614240.00 m S
Intersección 2	327188.00 m E	7614272.00 m S
Intersección 3	327382.00 m E	7614298.00 m S
Surtidor	327095.00 m E	7614247.00 m S

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 31. Tramo de estudio del Acceso Sur – Este.

Fuente. Elaboración propia

3.4.3.1. Aforo de vehículos de la semana.

Los aforos en la carretera principal se llevaron a cabo desde el lunes 2 de septiembre hasta el domingo 8 de septiembre, con el apoyo de personal previamente capacitado. A continuación, se presenta una tabla resumen de los aforos realizados, destacando las horas más representativas del flujo vehicular, que se registraron entre las 06:00 a.m. y las 21:00 p.m.

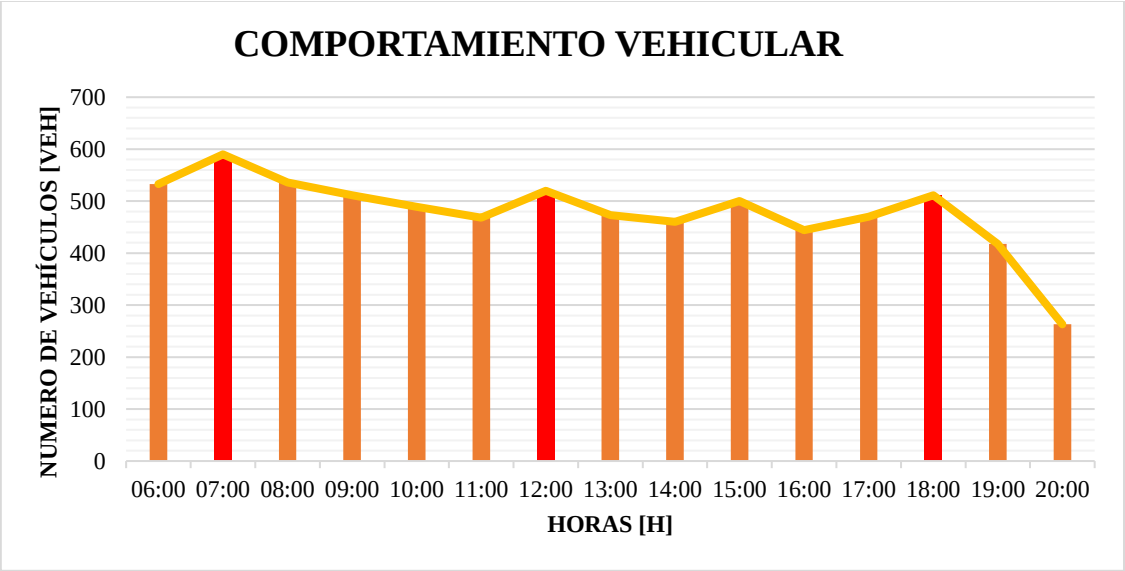
LUNES 02 / 09 / 2024

Tabla 60. Flujo vehicular del día lunes.

HORA	LUNES
06:00 - 07:00	533
07:00 - 08:00	590
08:00 - 09:00	536
09:00 - 10:00	511
10:00 - 11:00	489
11:00 - 12:00	468
12:00 - 13:00	520
13:00 - 14:00	473
14:00 - 15:00	460
15:00 - 16:00	500
16:00 - 17:00	444
17:00 - 18:00	470
18:00 - 19:00	511
19:00 - 20:00	418
20:00 - 21:00	263

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 32. Comportamiento vehicular del día lunes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día lunes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 61. Clasificación vehicular de las horas pico del día lunes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	170	163	160	126	164	126
Camionetas	20	29	24	29	30	22
Minibuses	19	27	24	24	17	16
Microbuses	7	8	7	5	4	5
Bus mediano	0	3	1	3	1	1
Bus grande	7	1	1	2	1	2
Camión mediano	9	7	12	5	18	5
Camión grande dos ejes	7	12	8	4	2	6
Camión grande tres ejes	10	3	4	4	1	7
Camión semirremolque	7	5	3	5	2	0
Camión remolque	1	0	3	1	0	1
Otros vehículos	0	2	0	0	0	0
Motocicleta	40	33	39	26	36	44

Fuente. Elaboración propia.

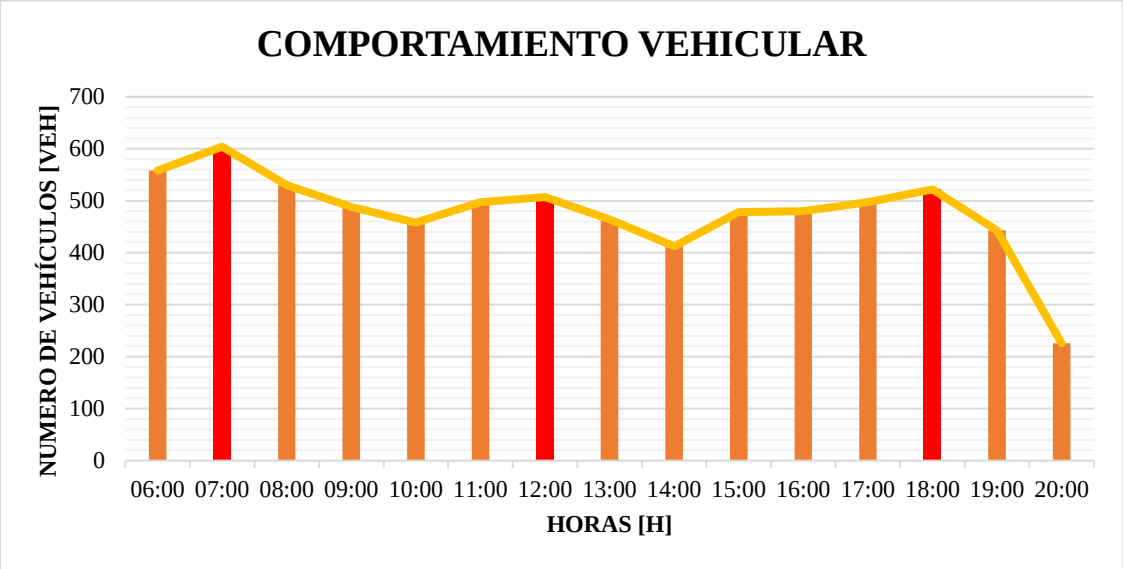
MARTES 03 / 09 / 2024

Tabla 62. Flujo vehicular del día martes.

HORA	MARTES
06:00 - 07:00	558
07:00 - 08:00	604
08:00 - 09:00	530
09:00 - 10:00	488
10:00 - 11:00	458
11:00 - 12:00	497
12:00 - 13:00	507
13:00 - 14:00	464
14:00 - 15:00	412
15:00 - 16:00	478
16:00 - 17:00	480
17:00 - 18:00	497
18:00 - 19:00	522
19:00 - 20:00	443
20:00 - 21:00	226

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 33. Comportamiento vehicular del día martes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día martes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 63. Clasificación vehicular de las horas pico del día martes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	184	176	144	145	137	155
Camionetas	27	32	17	25	32	31
Minibuses	18	20	14	21	12	18
Microbuses	6	8	5	11	9	7
Bus mediano	0	0	0	2	1	1
Bus grande	4	3	0	1	1	2
Camión mediano	8	8	6	10	4	4
Camión grande dos ejes	6	12	6	8	2	6
Camión grande tres ejes	7	4	8	0	1	7
Camión semirremolque	3	6	4	4	3	1
Camión remolque	2	3	1	4	0	1
Otros vehículos	0	2	0	0	0	0
Motocicleta	29	36	32	39	47	40

Fuente. Elaboración propia.

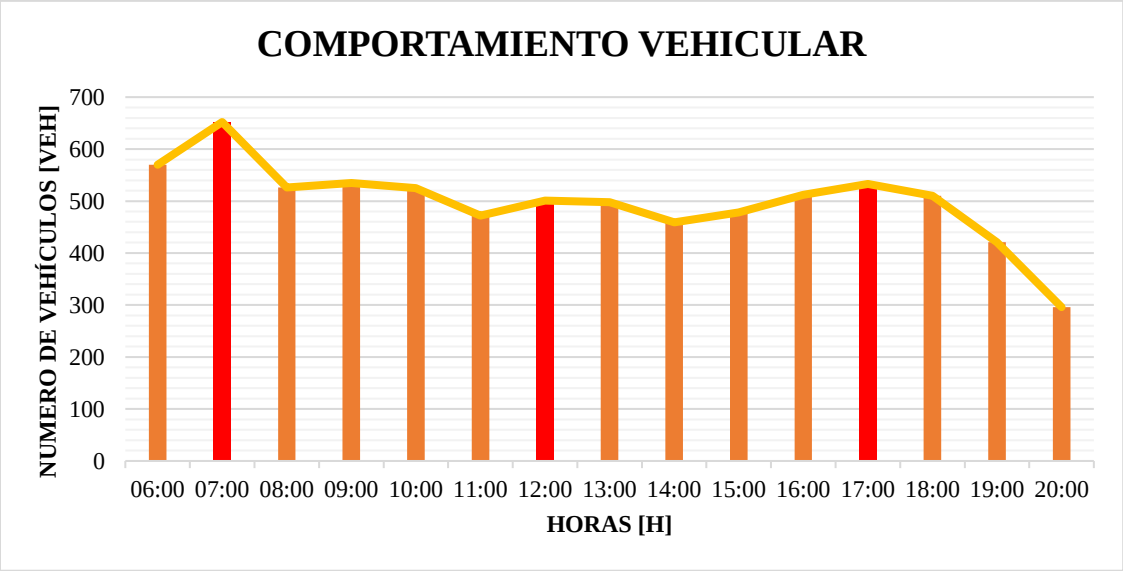
MIERCOLES 04 / 09 / 2024

Tabla 64. Flujo vehicular del día miércoles.

HORA	MIERCOLES
06:00 - 07:00	570
07:00 - 08:00	652
08:00 - 09:00	526
09:00 - 10:00	535
10:00 - 11:00	525
11:00 - 12:00	472
12:00 - 13:00	501
13:00 - 14:00	498
14:00 - 15:00	459
15:00 - 16:00	478
16:00 - 17:00	512
17:00 - 18:00	533
18:00 - 19:00	510
19:00 - 20:00	421
20:00 - 21:00	296

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 34. Comportamiento vehicular del día miércoles.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día miércoles son a las 07:00 am, 12:00 pm y 17:00 pm.

Tabla 65. Clasificación vehicular de las horas pico del día miércoles.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		17:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	179	180	125	133	139	140
Camionetas	23	42	27	27	18	38
Minibuses	23	18	17	24	21	21
Microbuses	11	11	8	8	7	4
Bus mediano	0	3	0	4	1	0
Bus grande	8	1	1	3	3	1
Camión mediano	11	3	10	10	14	16
Camión grande dos ejes	8	14	5	8	8	9
Camión grande tres ejes	7	3	6	3	12	6
Camión semirremolque	5	5	4	4	2	2
Camión remolque	1	0	5	4	2	0
Otros vehículos	0	2	0	1	0	1
Motocicleta	52	42	35	29	36	35

Fuente. Elaboración propia.

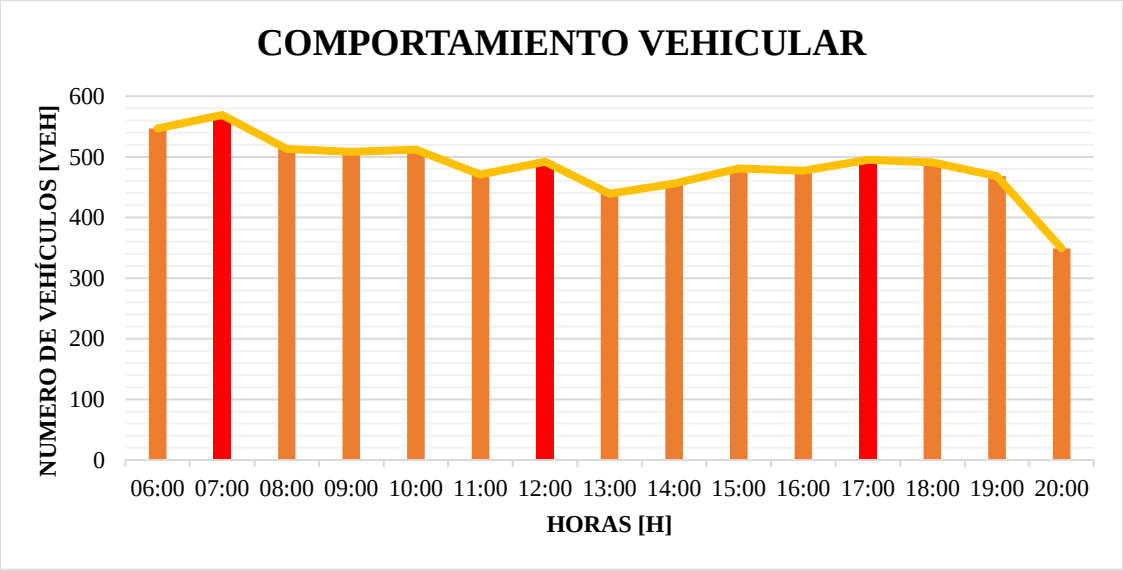
JUEVES 05 / 09 / 2024

Tabla 66. Flujo vehicular el día jueves.

HORA	JUEVES
06:00 - 07:00	547
07:00 - 08:00	569
08:00 - 09:00	513
09:00 - 10:00	508
10:00 - 11:00	512
11:00 - 12:00	471
12:00 - 13:00	492
13:00 - 14:00	439
14:00 - 15:00	456
15:00 - 16:00	481
16:00 - 17:00	477
17:00 - 18:00	495
18:00 - 19:00	491
19:00 - 20:00	468
20:00 - 21:00	349

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 35. Comportamiento vehicular del día jueves.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día jueves son a las 07:00 am, 12:00 pm y 17:00 pm.

Tabla 67. Clasificación vehicular de las horas pico del día jueves.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		17:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	156	169	121	130	133	121
Camionetas	20	32	29	31	32	28
Minibuses	17	30	17	24	21	14
Microbuses	4	7	6	6	6	4
Bus mediano	0	1	0	2	0	0
Bus grande	3	6	2	1	0	0
Camión mediano	7	5	12	16	15	15
Camión grande dos ejes	8	14	4	8	15	10
Camión grande tres ejes	11	5	1	4	4	6
Camión semirremolque	4	1	2	2	5	4
Camión remolque	2	0	4	2	1	1
Otros vehículos	0	0	0	1	0	1
Motocicleta	33	34	34	33	30	27

Fuente. Elaboración propia.

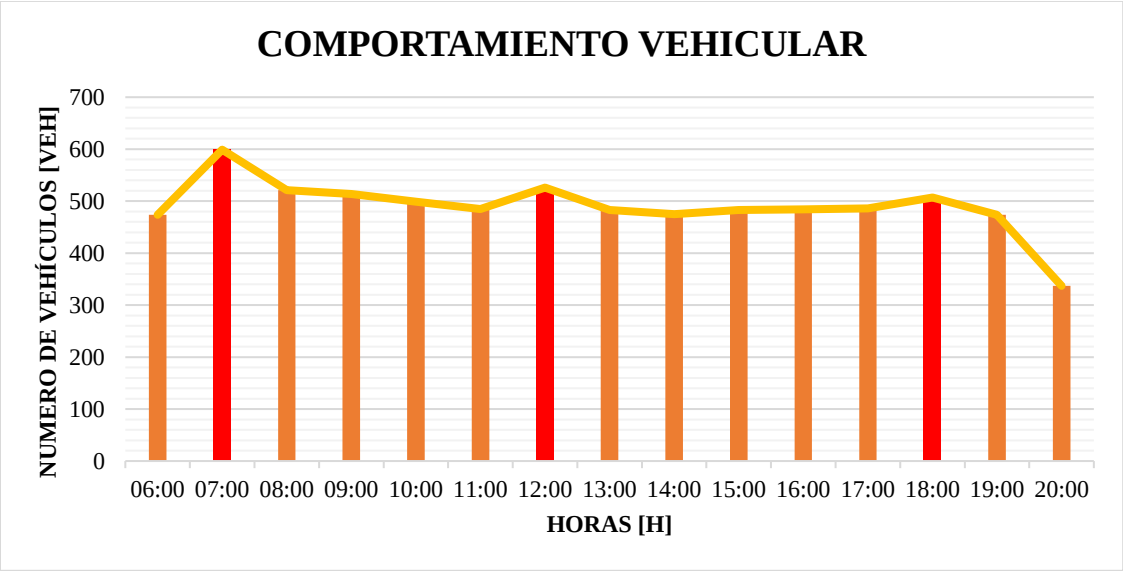
VIERNES 06 / 09 / 2024

Tabla 68. Flujo vehicular del día viernes.

HORA	VIERNES
06:00 - 07:00	474
07:00 - 08:00	599
08:00 - 09:00	521
09:00 - 10:00	514
10:00 - 11:00	499
11:00 - 12:00	485
12:00 - 13:00	526
13:00 - 14:00	483
14:00 - 15:00	475
15:00 - 16:00	483
16:00 - 17:00	484
17:00 - 18:00	486
18:00 - 19:00	507
19:00 - 20:00	474
20:00 - 21:00	337

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 36. Comportamiento vehicular del día viernes.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día viernes son a las 07:00 am, 12:00 pm y 18:00 pm.

Tabla 69. Clasificación vehicular de las horas pico del día viernes.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		18:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	182	157	148	156	145	127
Camionetas	19	45	29	28	39	23
Minibuses	23	17	8	7	12	5
Microbuses	8	11	13	15	10	9
Bus mediano	0	1	1	1	2	2
Bus grande	4	2	0	0	1	5
Camión mediano	5	3	11	9	11	7
Camión grande dos ejes	4	17	3	9	4	8
Camión grande tres ejes	11	3	4	0	0	2
Camión semirremolque	2	2	6	4	3	5
Camión remolque	1	0	3	1	1	0
Otros vehículos	0	0	1	0	0	0
Motocicleta	46	36	33	36	47	34

Fuente. Elaboración propia.

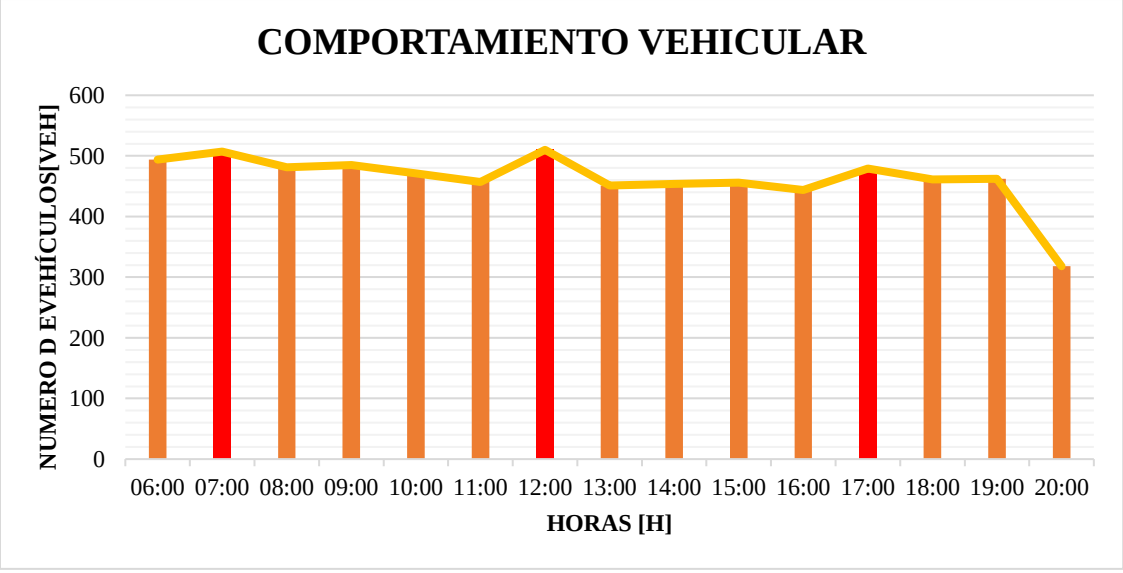
SABADO 07 / 09 / 2024

Tabla 70. Flujo vehicular del día sábado.

HORA	SABADO
06:00 - 07:00	494
07:00 - 08:00	507
08:00 - 09:00	481
09:00 - 10:00	485
10:00 - 11:00	471
11:00 - 12:00	457
12:00 - 13:00	510
13:00 - 14:00	451
14:00 - 15:00	454
15:00 - 16:00	456
16:00 - 17:00	444
17:00 - 18:00	479
18:00 - 19:00	461
19:00 - 20:00	462
20:00 - 21:00	318

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 37. Comportamiento vehicular del día sábado.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día sábado son a las 07:00 am, 12:00 pm y 17:00 pm.

Tabla 71. Clasificación vehicular de las horas pico del día sábado.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		17:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	146	125	153	124	128	137
Camionetas	19	23	25	29	22	15
Minibuses	21	20	19	30	18	17
Microbuses	8	9	7	5	6	7
Bus mediano	0	0	1	3	0	0
Bus grande	4	0	1	2	1	1
Camión mediano	10	14	12	5	17	16
Camión grande dos ejes	6	8	8	4	18	8
Camión grande tres ejes	8	8	4	4	5	5
Camión semirremolque	3	6	3	5	3	2
Camión remolque	0	1	3	1	1	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	2
Motocicleta	40	28	39	23	30	29

Fuente. Elaboración propia.

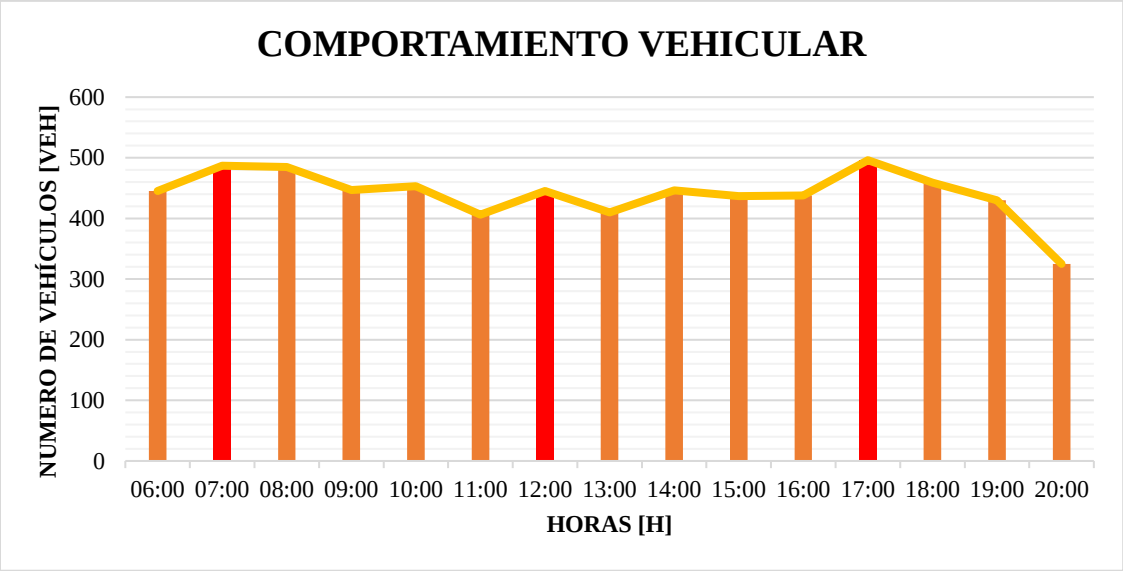
DOMINGO 08 / 09 / 2024

Tabla 72. Flujo vehicular del día domingo.

HORA	DOMINGO
06:00 - 07:00	445
07:00 - 08:00	487
08:00 - 09:00	485
09:00 - 10:00	447
10:00 - 11:00	453
11:00 - 12:00	406
12:00 - 13:00	445
13:00 - 14:00	410
14:00 - 15:00	446
15:00 - 16:00	437
16:00 - 17:00	438
17:00 - 18:00	496
18:00 - 19:00	459
19:00 - 20:00	430
20:00 - 21:00	325

Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 38. Comportamiento vehicular del día domingo.



Fuente. Elaboración propia.

Como se puede apreciar las horas pico para el día domingo son a las 07:00 am, 12:00 pm y 17:00 pm.

Tabla 73. Clasificación vehicular de las horas pico del día domingo.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00		12:00		17:00	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	127	126	119	130	134	144
Camionetas	19	26	19	26	24	22
Minibuses	21	20	14	21	18	24
Microbuses	6	15	6	6	5	9
Bus mediano	0	0	0	3	1	1
Bus grande	4	0	3	0	3	2
Camión mediano	9	7	8	2	10	7
Camión grande dos ejes	6	8	3	11	6	13
Camión grande tres ejes	8	8	2	2	1	2
Camión semirremolque	3	6	0	3	2	3
Camión remolque	1	1	6	1	4	0
Otros vehículos	0	0	0	1	1	0
Motocicleta	32	34	23	36	35	28

Fuente. Elaboración propia.

3.4.3.2.Aforo de intersecciones.

El aforo de las intersecciones se llevó a cabo en las horas pico del día en donde se presentó más flujo vehicular, en este caso para el acceso sur – este, se llevó a cabo el día miércoles, a continuación, se mostrarán los aforos de los vehículos de entran y salen de la carretera principal mediante los accesos.

Tabla 74. Aforos de las intersecciones del acceso sur – este a las 7 am.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00 - 08:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	17	13	18	17	36	1	53	31
Camionetas	2	1	2	9	0	0	0	0
Minibuses	0	0	0	0	0	0	0	1
Microbuses	0	0	1	0	0	0	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	2	2	0	1	0	0	0	1
Camión grande dos ejes	3	0	0	0	0	1	0	0
Camión grande tres ejes	0	1	0	0	0	0	0	1
Camión semirremolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	5	0
Motocicleta	12	2	3	4	9	0	4	1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 75. Aforo de las intersecciones del acceso sur – este a las 13 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	13:00 - 14:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	8	7	21	17	25	13	18	49
Camionetas	0	1	5	6	1	0	3	0
Minibuses	1	0	0	0	0	0	4	4
Microbuses	0	0	0	0	0	0	0	1
Bus mediano	0	0	0	1	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	2	1	0	1	0	2	0	3
Camión grande dos ejes	0	1	1	1	0	1	0	0
Camión grande tres ejes	0	1	0	0	0	0	1	2
Camión semirremolque	0	0	0	0	1	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	6	3	3	5	6	5	5	14

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 76. Aforo de las intersecciones del acceso sur – este a las 18 pm.

TIPO DE VEHÍCULOS	18:00 - 19:00							
	Intersección 1		Surtidor		Intersección 2		Intersección 3	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Automóviles y vagonetas	24	6	20	17	16	9	25	15
Camionetas	2	0	7	1	3	0	1	4
Minibuses	1	0	2	0	4	4	1	7
Microbuses	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus mediano	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus grande	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión mediano	3	1	0	1	0	0	1	2
Camión grande dos ejes	0	0	0	0	1	0	0	0
Camión grande tres ejes	0	1	0	2	0	0	0	0
Camión semirremolque	1	1	0	0	0	0	0	0
Camión remolque	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros vehículos	0	0	0	0	0	0	0	0
Motocicleta	8	2	4	8	3	5	7	9

Fuente. Elaboración propia.

3.4.3.3.Aforo de los tiempos de recorrido.

VELOCIDAD DE PUNTO.

Para calcular la velocidad de punto, se realizaron aforos de los tiempos que los vehículos tardan en recorrer una distancia de 75 metros en ambos sentidos de circulación, este aforo se

llevó a cabo en dos subtramos dentro del tramo de estudio, seleccionados debido a su representatividad del comportamiento del flujo vehicular. La recolección de datos se efectuó durante 8 horas, clasificando los vehículos en livianos y pesados, según lo que indica el manual de la administradora boliviana de carreteras (ABC). El aforo de los tiempos de recorrido se encuentra en el anexo (23, 24, 25 y 26) y el cálculo de las velocidades en el anexo (27, 28, 29 y 30)

VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL.

Para calcular la velocidad de recorrido total, se midió el tiempo que los vehículos tardaron en recorrer el tramo de estudio, cuya longitud es de 1 kilómetro Para este análisis, se tomaron 10 muestras representativas, registrando los tiempos de recorrido y los tiempos de demoras de manera precisa para cada vehículo. Estos tiempos permitieron calcular la velocidad promedio en el tramo, proporcionando una visión general del comportamiento del tránsito a lo largo de la vía estudiada.

Tabla 77. Velocidades de crucero y de recorrido total del Acceso Sur – Este.

Distancia recorrida [m]	Tiempo de circulación [s]	Tiempo de demoras [s]	Velocidad de recorrido total [km/h]	Velocidad de crucero [km/h]
1000	131,08	6,48	26,17	27,46
1000	131,98	6,47	26,00	27,28
1000	131,75	5,89	26,16	27,32
1000	131,09	6,32	26,20	27,46
1000	131,18	6,47	26,15	27,44
1000	132,74	5,78	25,99	27,12
1000	132,37	4,89	26,23	27,20
1000	132,86	4,65	26,18	27,10
1000	130,94	6,58	26,18	27,49
1000	133,41	4,85	26,04	26,98

Velocidad de recorrido total	26,13	Km/h
Velocidad de crucero	27,29	Km/h

Fuente. Elaboración propia.

3.5. Planillas resumen.

3.5.1. Volumen vehicular de los accesos principales a la ciudad.

Tabla 78. Planilla resumen - Acceso Norte.

AFORO DE VEHÍCULOS MIXTOS - ACCESO NORTE							
HORA	**LUNES**	**MARTES**	**MIERCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SABADO**	**DOMINGO**
06:00 - 07:00	808	735	752	804	866	955	1024
07:00 - 08:00	1660	1561	1647	1456	1615	1303	823
08:00 - 09:00	1769	1382	1348	1442	1582	1305	1050
09:00 - 10:00	1276	1083	1108	1083	1157	1259	1146
10:00 - 11:00	1156	1038	1007	1048	1055	1237	1292
11:00 - 12:00	1318	1052	1070	1065	1137	1193	1381
12:00 - 13:00	1473	1354	1283	1387	1428	1441	1550
13:00 - 14:00	1183	1179	1216	1189	1245	1374	1368
14:00 - 15:00	1183	1179	1216	1189	1245	1374	1368
15:00 - 16:00	1205	1261	1230	1091	1132	1221	1211
16:00 - 17:00	1216	1276	1279	1077	1084	1081	1085
17:00 - 18:00	1201	1153	1263	1110	1209	1275	1237
18:00 - 19:00	1408	1420	1486	1481	1448	1279	1327
19:00 - 20:00	1221	1236	1200	1266	1227	1207	1204
20:00 - 21:00	931	949	957	929	940	918	937

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 79. Planilla resumen - Acceso Sur.

AFORO VEHICULAR ACCESO SUR							
HORA	**LUNES**	**MARTES**	**MIERCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SABADO**	**DOMINGO**
06:00 - 07:00	578	636	652	659	602	575	592
07:00 - 08:00	780	832	778	778	778	753	687
08:00 - 09:00	642	642	617	635	680	701	662
09:00 - 10:00	574	587	625	633	600	596	585
10:00 - 11:00	619	598	643	649	635	632	632
11:00 - 12:00	583	546	588	618	604	598	685
12:00 - 13:00	600	548	586	627	621	616	834
13:00 - 14:00	640	565	594	633	602	620	846
14:00 - 15:00	611	591	607	565	596	579	789
15:00 - 16:00	612	585	590	597	619	603	624
16:00 - 17:00	601	585	561	591	605	633	629
17:00 - 18:00	593	572	602	625	637	677	665
18:00 - 19:00	644	615	636	654	598	640	686
19:00 - 20:00	632	600	584	640	660	573	617
20:00 - 21:00	516	498	456	555	522	497	535

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 80. Planilla resumen del Acceso Sur – Este.

AFORO VEHICULAR DEL ACCESO SUR – ESTE							
HORA	**LUNES**	**MARTES**	**MIERCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SABADO**	**DOMINGO**
06:00 - 07:00	533	558	570	547	474	494	445
07:00 - 08:00	590	604	652	569	599	507	487
08:00 - 09:00	536	530	526	513	521	481	485
09:00 - 10:00	511	488	535	508	514	485	447
10:00 - 11:00	489	458	525	512	499	471	453
11:00 - 12:00	468	497	472	471	485	457	406
12:00 - 13:00	520	507	501	492	526	510	445
13:00 - 14:00	473	464	498	439	483	451	410
14:00 - 15:00	460	412	459	456	475	454	446
15:00 - 16:00	500	478	478	481	483	456	437
16:00 - 17:00	444	480	512	477	484	444	438
17:00 - 18:00	470	497	533	495	486	479	496
18:00 - 19:00	511	522	510	491	507	461	459
19:00 - 20:00	418	443	421	468	474	462	430
20:00 - 21:00	263	226	296	349	337	318	325

Fuente. Elaboración propia.

3.5.2. Medidas de tendencia central y de dispersión de las velocidades de punto.

El procedimiento para el cálculo de las medidas de tendencia central y de dispersión se encuentran en el anexo 31, 32 y 33.

Tabla 81. Tabla resumen de las medidas de tendencia central y de dispersión del Acceso Norte.

ACCESO NORTE								
Medidas de tendencia central y de dispersión [km/h]	**Sub tramo 1**				**Sub tramo 2**			
	Carril de Entrada		**Carril de salida**		**Carril de Entrada**		**Carril de salida**	
	Livianos	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**
Media	20,83	18,43	22,65	18,54	41,53	32,73	32,81	27,80
Moda	19,77	19,23	20,55	15,98	42,93	29,15	34,92	27,75
Mediana	20,51	18,48	22,43	18,34	41,91	32,95	33,12	27,77
Desviación estándar	1,94	1,36	2,64	2,41	5,84	3,09	3,10	3,36
Varianza	3,75	1,84	6,97	5,81	34,07	9,55	9,63	11,26

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 82. Tabla resumen de las medidas de tendencia central y de dispersión del Acceso Sur.

ACCESO SUR								
Medidas de tendencia central y de dispersión [km/h]	**Sub tramo 1**				**Sub tramo 2**			
	Carril de Entrada		**Carril de salida**		**Carril de Entrada**		**Carril de salida**	
	Livianos	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**
Media	57,94	40,72	50,68	41,87	57,49	49,65	60,11	43,86
Moda	58,94	38,94	50,84	39,15	52,05	45,05	55,00	39,60
Mediana	57,77	40,25	50,34	41,12	55,77	48,61	58,97	43,61
Desviación estándar	9,16	5,39	7,16	6,11	11,49	8,51	9,20	5,31
Varianza	83,87	29,07	51,28	37,37	132,06	72,43	84,59	28,24

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 83. Tabla resumen de las medidas de tendencia central y de dispersión del Acceso Sur – Este.

ACCESO SUR – ESTE								
Medidas de tendencia central y de dispersión [km/h]	**Sub tramo 1**				**Sub tramo 2**			
	Carril de Entrada		**Carril de salida**		**Carril de Entrada**		**Carril de salida**	
	Livianos	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**	**Livianos**	**Pesados**
Media	49,16	37,16	41,01	39,65	60,83	51,30	59,86	49,77
Moda	54,36	40,13	41,44	40,61	55,33	43,88	54,11	44,33
Mediana	49,39	37,77	41,14	39,78	58,59	51,18	57,97	48,97
Desviación estándar	8,00	3,76	5,47	5,32	9,75	7,36	9,43	6,72
Varianza	64,06	14,17	29,97	28,26	95,12	54,12	88,92	45,13

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE PROCESOS Y DATOS OBSERVADOS

CAPÍTULO IV.

4. ANÁLISIS DE PROCESOS Y DATOS OBSERVADOS.

4.1. Tratamiento estadístico.

4.1.1. Estadística descriptiva para el volumen semanal de vehículos.

4.1.1.1.Acceso Norte.

AFORO DE VEHÍCULOS MIXTOS - ACCESO NORTE							
HORA	**LUNES**	**MARTES**	**MIERCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SABADO**	**DOMINGO**
06:00 - 07:00	808	735	752	804	866	955	1024
07:00 - 08:00	1660	1561	1647	1456	1615	1303	823
08:00 - 09:00	1769	1382	1348	1442	1582	1305	1050
09:00 - 10:00	1276	1083	1108	1083	1157	1259	1146
10:00 - 11:00	1156	1038	1007	1048	1055	1237	1292
11:00 - 12:00	1318	1052	1070	1065	1137	1193	1381
12:00 - 13:00	1473	1354	1283	1387	1428	1441	1550
13:00 - 14:00	1183	1179	1216	1189	1245	1374	1368
14:00 - 15:00	1183	1179	1216	1189	1245	1374	1368
15:00 - 16:00	1205	1261	1230	1091	1132	1221	1211
16:00 - 17:00	1216	1276	1279	1077	1084	1081	1085
17:00 - 18:00	1201	1153	1263	1110	1209	1275	1237
18:00 - 19:00	1408	1420	1486	1481	1448	1279	1327
19:00 - 20:00	1221	1236	1200	1266	1227	1207	1204
20:00 - 21:00	931	949	957	929	940	918	937

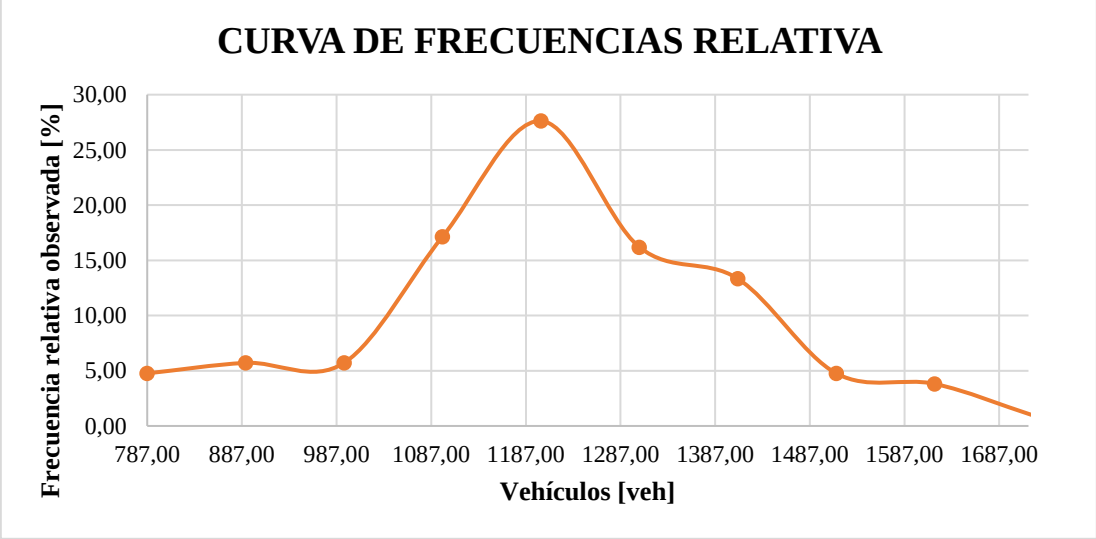
Muestra (n)	105	
Intervalos (N)	10,00	
Límite superior (LS)	1769,00	veh
Límite inferior (LI)	735,00	veh
Amplitud total (LS – LI)	1034,00	veh
Ancho del intervalo de clase	103,40	veh
Ancho del intervalo de clase	104	veh

Tabla 84. Distribución de frecuencias – Acceso Norte.

1		2	3	4	5		6	7	8
Intervalos de clase grupos de volúmenes		Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		$(Col\ 2)^2$	(Col 3) (Col 2)	(Col 3) (Col 6)
			Abs.	Relat.	Abs.	Relat.			
[Veh]		Vi [Veh]	fi	[%]	f_{i_a}	[%]	V_i^2	$f_i * V_i$	$f_i * V_i^2$
LI	LS								
735	839	787	5	4,76	5	4,76	619369	3935	3096845
839	943	891	6	5,71	11	10,48	793881	5346	4763286
943	1047	995	6	5,71	17	16,19	990025	5970	5940150
1047	1151	1099	18	17,14	35	33,33	1207801	19782	21740418
1151	1255	1203	29	27,62	64	60,95	1447209	34887	41969061
1255	1359	1307	17	16,19	81	77,14	1708249	22219	29040233
1359	1463	1411	14	13,33	95	90,48	1990921	19754	27872894
1463	1567	1515	5	4,76	100	95,24	2295225	7575	11476125
1567	1671	1619	4	3,81	104	99,05	2621161	6476	10484644
1671	1775	1723	1	0,95	105	100	2968729	1723	2968729
			105	100				127667	159352385

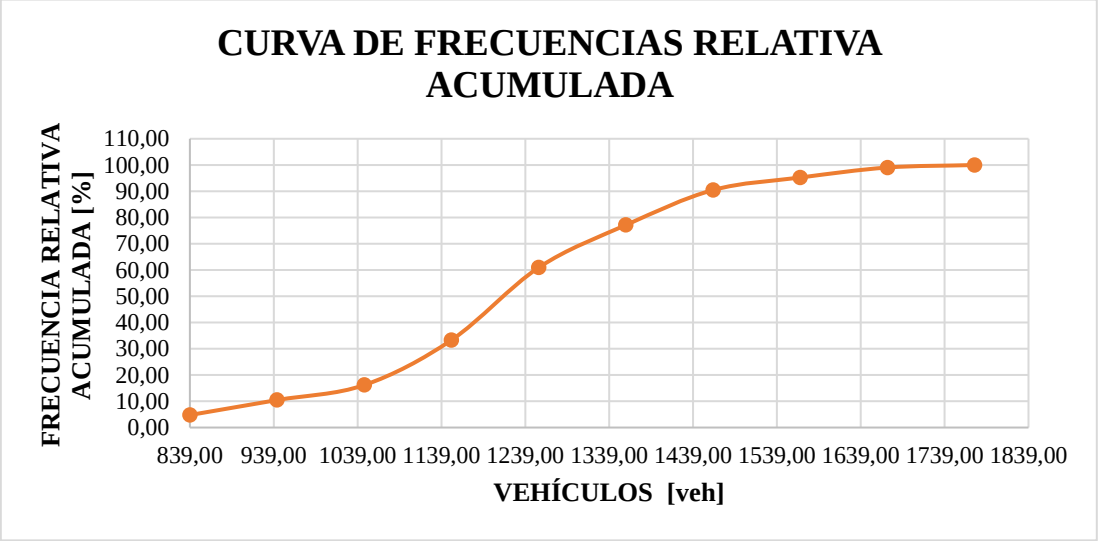
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 39. Curva de frecuencias relativa – Acceso Norte.



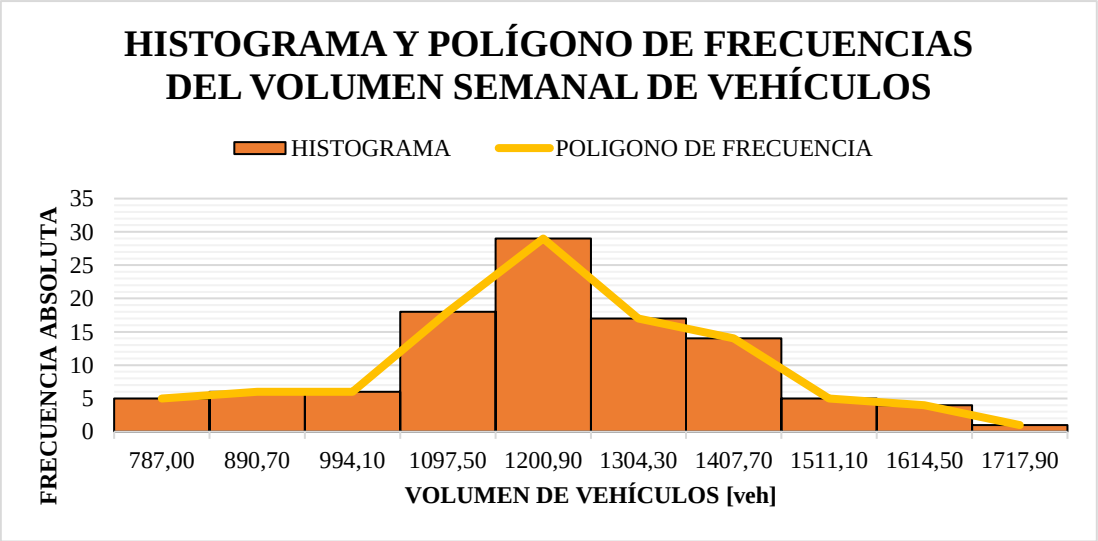
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 40. Curva de frecuencias relativa acumulada – Acceso Norte.



Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 41. Histograma y polígono de frecuencias - Acceso Norte.



Fuente. Elaboración propia.

Medidas de tendencia central			
Media	$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i * V_i)}{n}$	1216	veh
Moda	$Vo = LI + \frac{fi - fi_{-1}}{(fi - fi_{-1}) + (fi - fi_{+1})} * ai$	1201	veh
Mediana	$Ve = LI + \frac{\frac{N}{2} - Fi_{-1}}{fi} * ai$	1216	veh

Medidas de dispersión			
Desviación estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}}$	199	veh
Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}$	39665	Veh^2

4.1.1.2.Acceso Sur.

AFORO VEHICULAR ACCESO SUR							
HORA	**LUNES**	**MARTES**	**MIERCOLES**	**JUEVES**	**VIERNES**	**SABADO**	**DOMINGO**
06:00 - 07:00	578	636	652	659	602	575	592
07:00 - 08:00	780	832	778	778	778	753	687
08:00 - 09:00	642	642	617	635	680	701	662
09:00 - 10:00	574	587	625	633	600	596	585
10:00 - 11:00	619	598	643	649	635	632	632
11:00 - 12:00	583	546	588	618	604	598	685
12:00 - 13:00	600	548	586	627	621	616	834
13:00 - 14:00	640	565	594	633	602	620	846
14:00 - 15:00	611	591	607	565	596	579	789
15:00 - 16:00	612	585	590	597	619	603	624
16:00 - 17:00	601	585	561	591	605	633	629
17:00 - 18:00	593	572	602	625	637	677	665
18:00 - 19:00	644	615	636	654	598	640	686
19:00 - 20:00	632	600	584	640	660	573	617
20:00 - 21:00	516	498	456	555	522	497	535

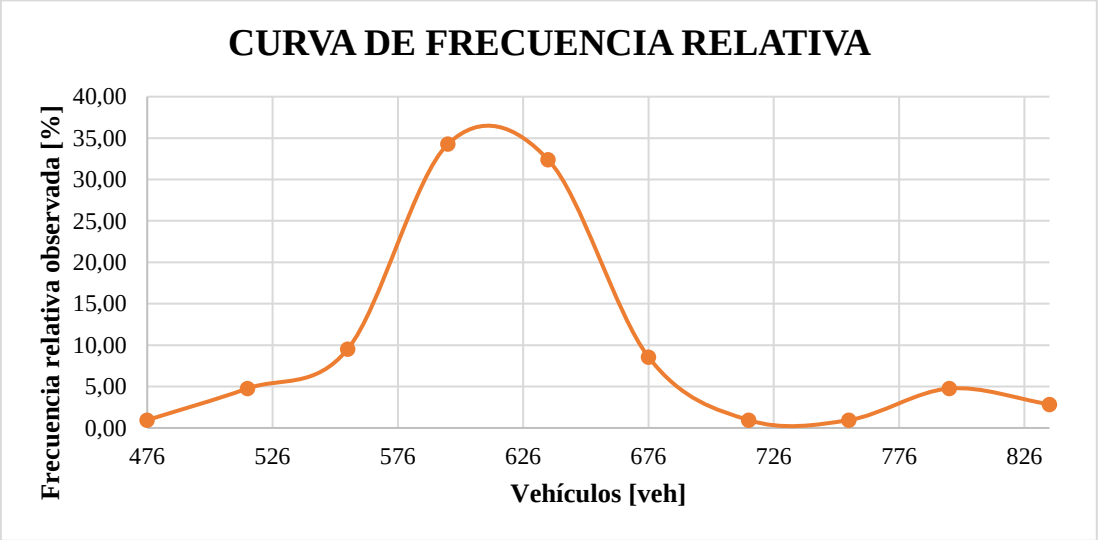
Muestra (n)	105	
Intervalos (N)	10,00	
Límite superior (LS)	846	veh
Límite inferior (LI)	456	veh
Amplitud total (LS – LI)	390	veh
Ancho del intervalo de clase	39	veh
Ancho del intervalo de clase	40	veh

Tabla 85. Distribución de frecuencias – Acceso Sur.

1		2	3	4	5		6	7	8
Intervalos de clase grupos de volúmenes		Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		$(Col\ 2)^2$	(Col 3) (Col 2)	(Col 3) (Col 6)
			Abs.	Relat.	Abs.	Relat.			
[Veh]		Vi [Veh]	fi	[%]	f_{i_a}	[%]	V_i^2	$f_i * V_i$	$f_i * V_i^2$
LI	LS								
456	496	476	1	0,95	1	0,95	226576	476	226576
496	536	516	5	4,76	6	5,71	266256	2580	1331280
536	576	556	10	9,52	16	15,24	309136	5560	3091360
576	616	596	36	34,29	52	49,52	355216	21456	12787776
616	656	636	34	32,38	86	81,90	404496	21624	13752864
656	696	676	9	8,57	95	90,48	456976	6084	4112784
696	736	716	1	0,95	96	91,43	512656	716	512656
736	776	756	1	0,95	97	92,38	571536	756	571536
776	816	796	5	4,76	102	97,14	633616	3980	3168080
816	856	836	3	2,86	105	100,00	698896	2508	2096688
			105	100				65740	41651600

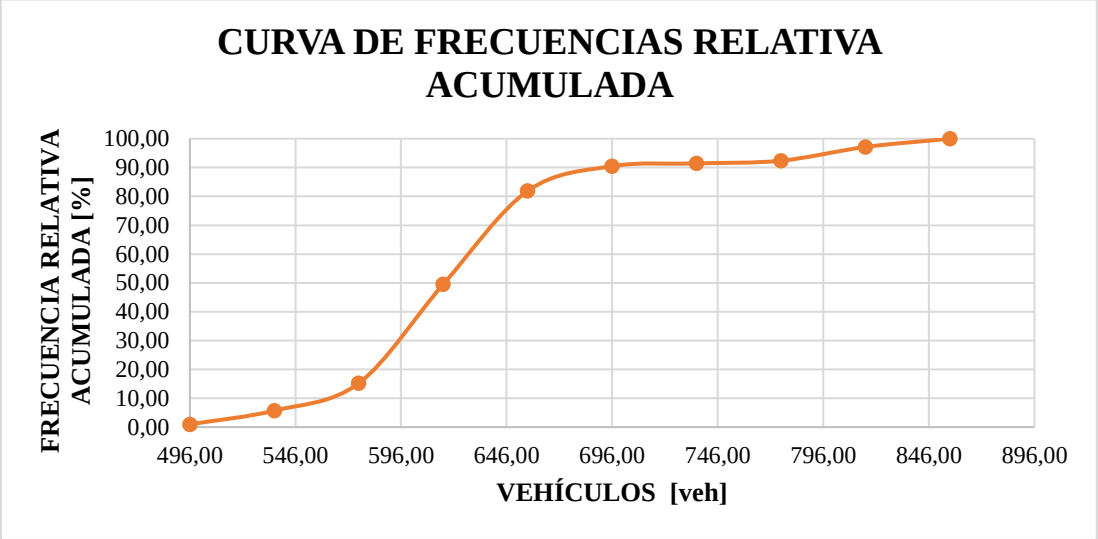
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 42. Curva de frecuencia relativa – Acceso Sur.



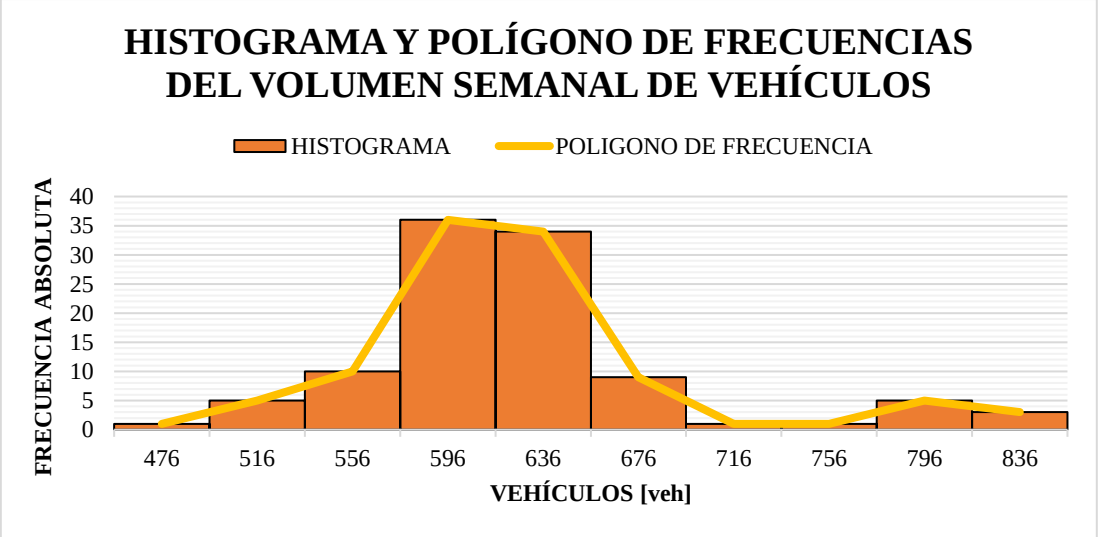
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 43. Curva de frecuencias relativa acumulada – Acceso Sur.



Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 44. Histograma y polígono de frecuencias - Acceso Sur.



Fuente. Elaboración propia.

Medidas de tendencia central			
Media	$\overline{V} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i * V_i)}{n}$	626	veh
Moda	$Vo = LI + \frac{fi - fi_{-1}}{(fi - fi_{-1}) + (fi - fi_{+1})} * ai$	613	veh
Mediana	$Ve = LI + \frac{\frac{N}{2} - Fi_{-1}}{fi} * ai$	617	veh

Medidas de dispersión			
Desviación estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}}$	69	veh
Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}$	4732	Veh^2

4.1.1.3.Acceso Sur – Este.

AFORO VEHICULAR - ACCESO SUR – ESTE							
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
06:00 - 07:00	533	558	570	547	474	494	445
07:00 - 08:00	590	604	652	569	599	507	487
08:00 - 09:00	536	530	526	513	521	481	485
09:00 - 10:00	511	488	535	508	514	485	447
10:00 - 11:00	489	458	525	512	499	471	453
11:00 - 12:00	468	497	472	471	485	457	406
12:00 - 13:00	520	507	501	492	526	510	445
13:00 - 14:00	473	464	498	439	483	451	410
14:00 - 15:00	460	412	459	456	475	454	446
15:00 - 16:00	500	478	478	481	483	456	437
16:00 - 17:00	444	480	512	477	484	444	438
17:00 - 18:00	470	497	533	495	486	479	496
18:00 - 19:00	511	522	510	491	507	461	459
19:00 - 20:00	418	443	421	468	474	462	430
20:00 - 21:00	263	226	296	349	337	318	325

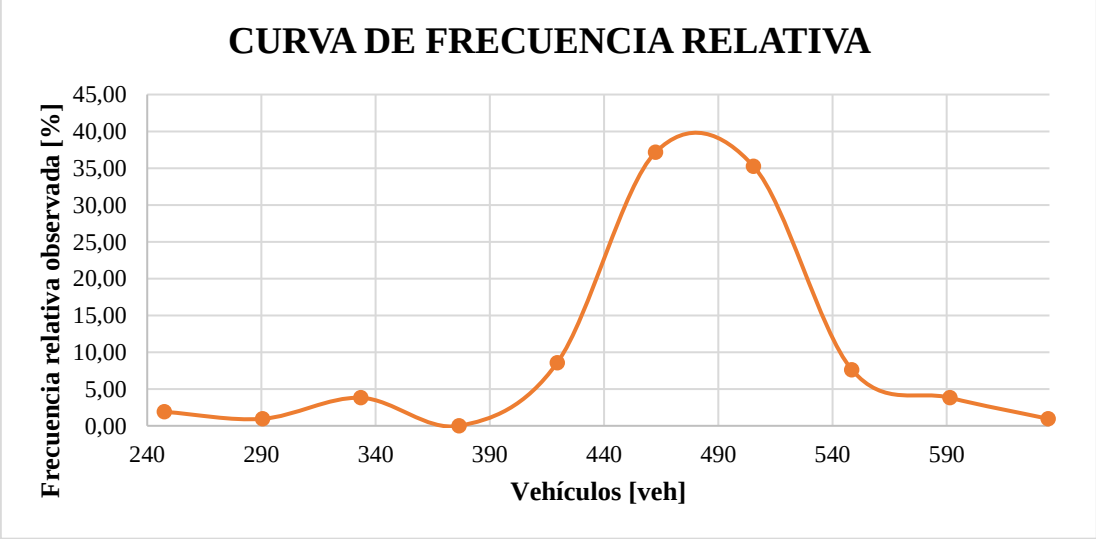
Muestra (n)	105	
Intervalos (N)	10,00	
Límite superior (LS)	652	veh
Límite inferior (LI)	226	veh
Amplitud total (LS – LI)	426	veh
Ancho del intervalo de clase	42,6	veh
Ancho del intervalo de clase	43	veh

Tabla 86. Distribución de frecuencias del Acceso Sur – Este.

1		2	3	4	5		6	7	8
Intervalos de clase grupos de volúmenes		Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada		(Col 2)2	(Col 3) (Col 2)	(Col 3) (Col 6)
			Abs.	Relat.	Abs.	Relat.			
[Veh]		Vi [Veh]	fi	[%]	f_{i_a}	[%]	V_i^2	$f_i * V_i$	$f_i * V_i^2$
LI	LS								
226	269	248	2	1,90	2	1,90	61256	495	122513
269	312	291	1	0,95	3	2,86	84390	291	84390
312	355	334	4	3,81	7	6,67	111222	1334	444889
355	398	377	0	0,00	7	6,67	141752	0	0
398	441	420	9	8,57	16	15,24	175980	3776	1583822
441	484	463	39	37,14	55	52,38	213906	18038	8342344
484	527	506	37	35,24	92	87,62	255530	18704	9454619
527	570	549	8	7,62	100	95,24	300852	4388	2406818
570	613	592	4	3,81	104	99,05	349872	2366	1399489
613	656	635	1	0,95	105	100,00	402590	635	402590
			105	100				50025	24241474

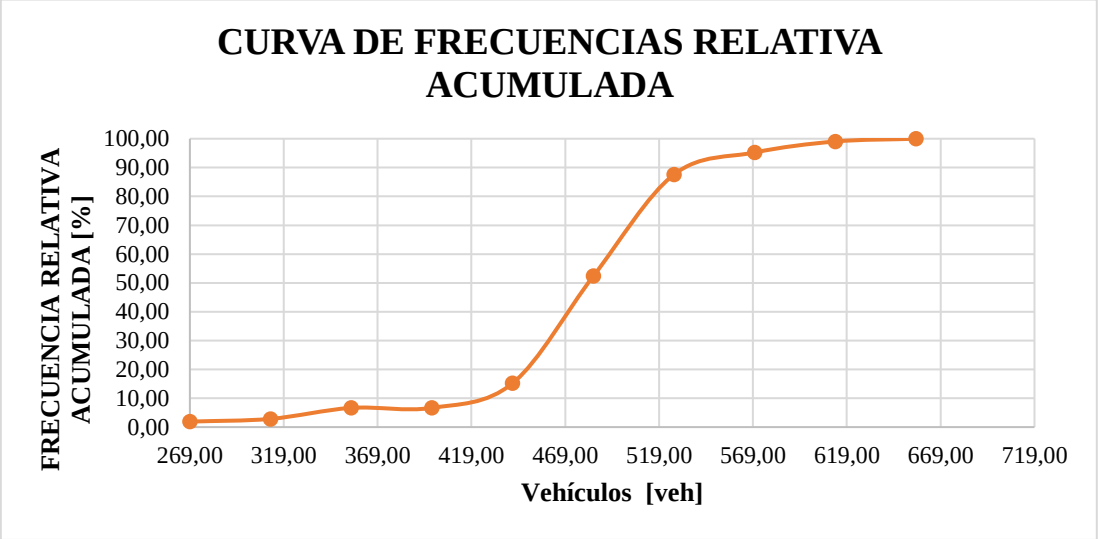
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 45. Curva de frecuencias relativa del Acceso Sur – Este.



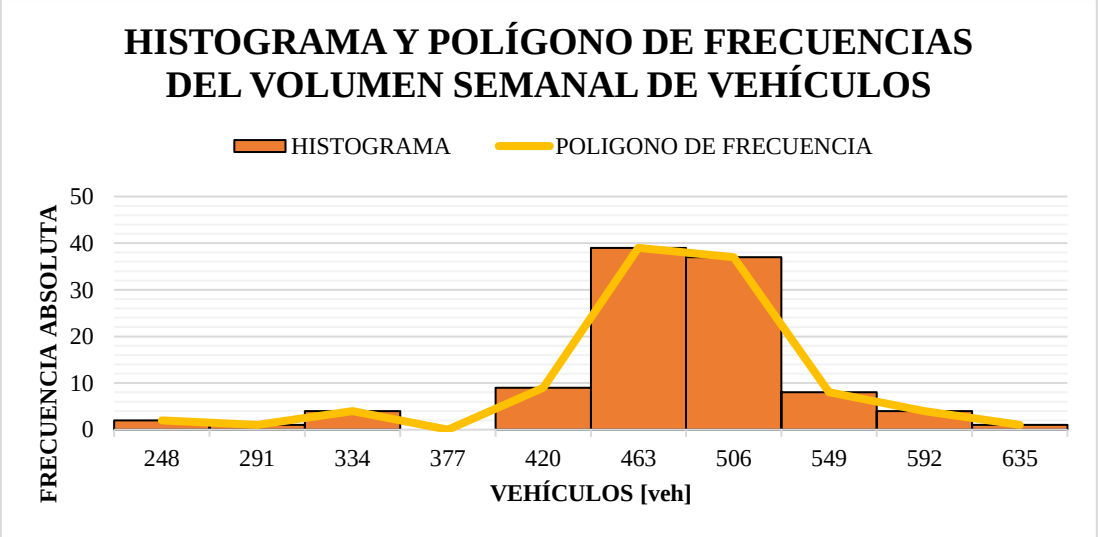
Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 46. Curva de frecuencias relativa acumulada del Acceso Sur – Este.



Fuente. Elaboración propia.

FIGURA 47. Histograma y polígono de frecuencias del Acceso Sur – Este.



Fuente. Elaboración propia.

Medidas de tendencia central			
Media	$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(f_i * V_i)}{n}$	476	veh
Moda	$Vo = LI + \frac{fi - fi_{-1}}{(fi - fi_{-1}) + (fi - fi_{+1})} * ai$	481	veh
Mediana	$Ve = LI + \frac{\frac{N}{2} - Fi_{-1}}{fi} * ai$	482	veh

Medidas de dispersión			
Desviación estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}}$	63	veh
Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}[f_i(V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}$	3929	Veh^2

4.1.2. Tablas resumen.

Tabla 87. Tabla resumen de las medidas de tendencia central y de dispersión de los accesos a la ciudad de Tarija.

Medidas de tendencia central y de dispersión	Accesos		
	NORTE	SUR	SUR – ESTE
Media [veh]	1216	626	476
Moda [veh]	1216	613	481
Mediana [veh]	1201	617	439
Desviación estándar [veh]	199	69	63
Varianza [veh^2]	39665	4732	3929

Fuente. Elaboración propia.

4.2. Cálculos correspondientes.

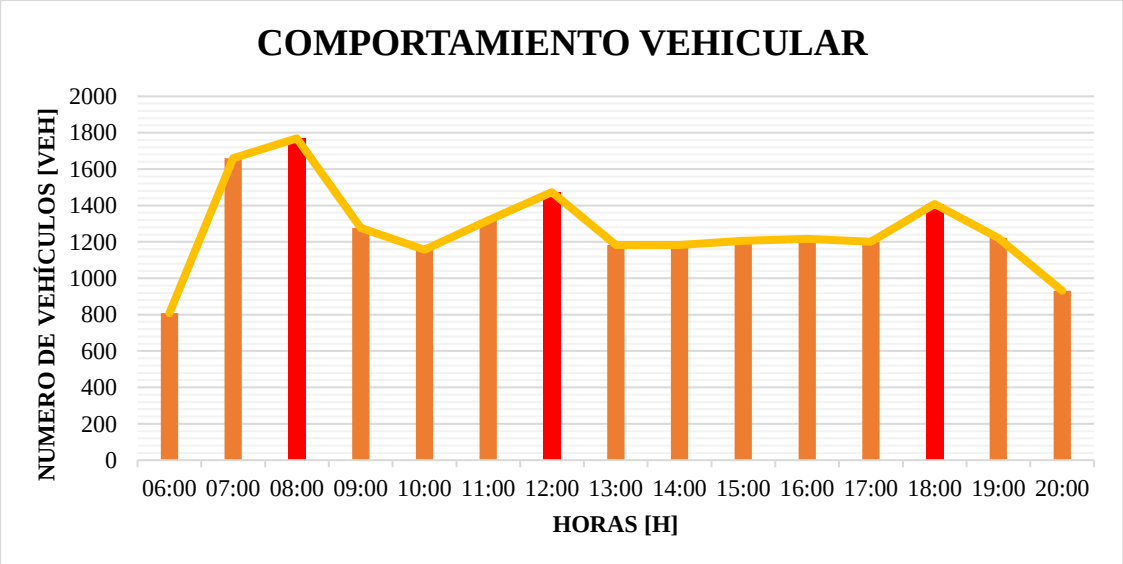
4.2.1. Capacidad y nivel de servicio.

4.2.1.1.Acceso norte.

Ya que el lunes es el día en donde se presenta el mayor flujo vehicular, específicamente a las 8 de la mañana, este será el dato con el que se calculará la capacidad y el nivel de servicio.

HORA	LUNES
06:00 - 07:00	808
07:00 - 08:00	1660
08:00 - 09:00	**1769**
09:00 - 10:00	1276
10:00 - 11:00	1156
11:00 - 12:00	1318
12:00 - 13:00	1473
13:00 - 14:00	1183
14:00 - 15:00	1183
15:00 - 16:00	1205
16:00 - 17:00	1216
17:00 - 18:00	1201
18:00 - 19:00	1408
19:00 - 20:00	1221
20:00 - 21:00	931

Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

Detalle de los vehículos que ingresan y salen a la ciudad de Tarija en la hora pico.

TIPO DE VEHÍCULOS	08:00	
	ENTRADA	SALIDA
Automóviles y vagonetas	524	290
Camionetas	127	57
Minibuses	159	69
Microbuses	147	39
Bus mediano	2	1
Bus grande	2	0
Camión mediano	39	32
Camión grande dos ejes	33	5
Camión grande tres ejes	9	20
Camión semirremolque	7	1
Camión remolque	4	0
Otros vehículos	0	3
Motocicleta	130	69
DISTRIBUCIÓN DE SENTIDOS	**66.87 %**	**33.13 %**

Fuente. Elaboración propia.

TIPO DE VEHÍCULOS	TOTAL	%
Automóviles y vagonetas	814	46,01
Camionetas	184	10,40
Minibuses	228	12,89
Microbuses	186	10,51
Bus mediano	3	0,17
Bus grande	2	0,11
Camión mediano	71	4,01
Camión grande dos ejes	38	2,15
Camión grande tres ejes	29	1,64
Camión semirremolque	8	0,45
Camión remolque	4	0,23
Otros vehículos	3	0,17
Motocicleta	199	11,25
TOTAL	**1769**	**100**

CAMIONES	8,48	%
BUSES	10,80	%

e. Factores de corrección para la capacidad vial.

Factor de corrección a la capacidad por pendiente (tabla 4)

Fpe	**0,99**

Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (tabla 5)

% De entrada	66,87	%	asumido	70%
% De salida	33,13	%		40%

% De zonas de no rebase	50	%

Interpolación de la tabla 5	
40	0,78
50	**0,77**
60	0,76

Fd	**0,77**

Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 6)

Fcb	**0,85**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Pendiente ascendente	1	%
Longitud de la pendiente	1000	m

Porcentaje de vehículos pesados (%Camiones + % Buses)	Pc	19,28	%
Equivalentes camión (Anexo 5)	Ec	1,62	-

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2(1.62 - 1)}$$

Fp	**0,89**

f. Cálculo de la capacidad vial.

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p = 3200 * 0.99 * 0.77 * 0.85 * 0.89$$

C60	**1845**	**veh/h**

g. Factores de corrección para el nivel de servicio.

Velocidad ideal de automóviles a flujo libre V_1 (tabla 7)

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre	**V1**	**86**	**km/h**

Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad. (tabla 8)

Volumen	Q	1769	veh/h
Capacidad	C60	1845	veh/h
Volumen / Capacidad	Q/C60	0.9	-

factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad	**fu**	**0,59**	**-**

Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 9)

Ancho de carril	3,5	m
Ancho de berma	0	m

factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma	**fcb**	**0,85**

Cálculo de la velocidad V2

$$V_2 = V_1 * f_U * f_{Cb} = 86 * 0.5 * 0.85$$

V2	**43,1**	**km/h**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Tipo de terreno	plano	-
Longitud de la pendiente	1	km
Porcentaje de vehículos pesados (camiones)	8,48	%
Equivalentes camión (Ec) (Anexo 6)	1	-

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.0848(1 - 1)}$$

Factor de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes	**fp**	**1**

Factor de corrección por tortuosidad. (tabla 10)

Factor de corrección por efecto de la tortuosidad	**ft**	**1**

Cálculo de la velocidad media del tramo de estudio.

$$V_M = V_2 * f_P * f_t = 43.1 * 1 * 1$$

Velocidad media	**Vm**	**43.1**	**km/h**

h. Cálculo de nivel de servicio.

La velocidad ideal (Vi) corresponde a 90 km/h

Vi _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 100%

V_M_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ X

Porcentaje perdido con respecto a la velocidad ideal	**X**	**48**	**%**

Tipo de terreno	**Nivel de Servicio**					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Plano	> 92%	92 % - 80%	80 % - 60 %	69 % - 58 %	58 % - 47 %	< 47%
Ondulado	> 76%	76 % - 66 %	66 % - 57 %	57 % - 48 %	48 % - 38 %	< 38%
Montañoso	> 58%	58 % - 50 %	50 % - 43 %	43 % - 37 %	37 % - 29 %	< 29%
Escarpado	> 40%	40 % - 34 %	34 % - 30 %	30 % - 26 %	26 % - 20 %	< 20%

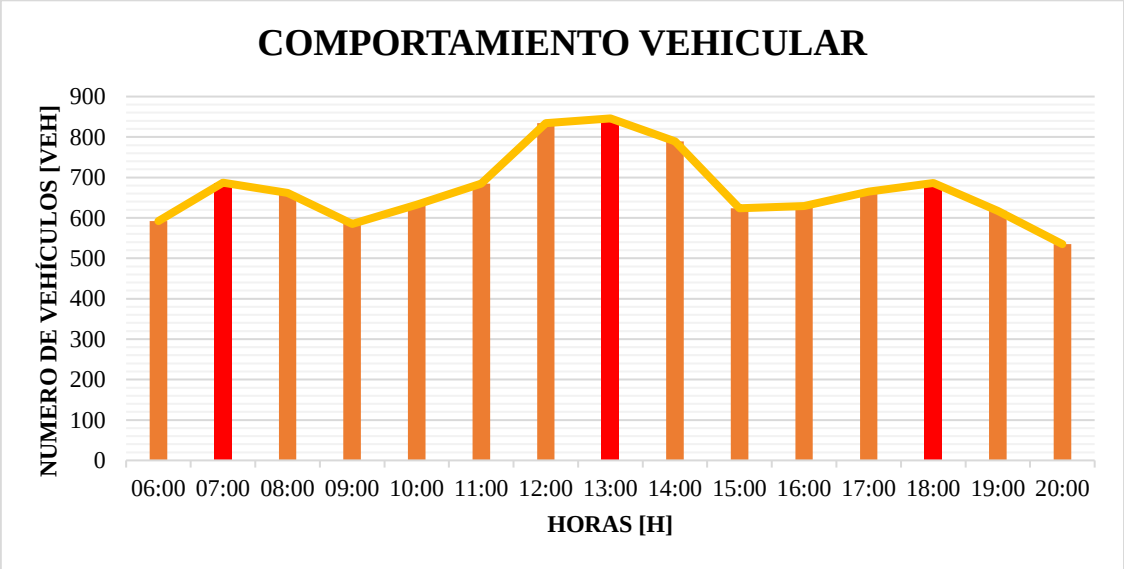
NIVEL DE SERVICIO	**E**

4.2.1.2.Acceso sur.

Ya que el domingo es el día en donde se presenta el mayor flujo vehicular, específicamente a la 13:00 de la tarde, este será el dato con el que se calculará la capacidad y el nivel de servicio.

HORA	DOMINGO
06:00 - 07:00	592
07:00 - 08:00	687
08:00 - 09:00	662
09:00 - 10:00	585
10:00 - 11:00	632
11:00 - 12:00	685
12:00 - 13:00	834
13:00 - 14:00	**846**
14:00 - 15:00	789
15:00 - 16:00	624
16:00 - 17:00	629
17:00 - 18:00	665
18:00 - 19:00	686
19:00 - 20:00	617
20:00 - 21:00	535

Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

Detalle de los vehículos que ingresan y salen a la ciudad de Tarija.

TIPO DE VEHÍCULOS	13:00	
	ENTRADA	SALIDA
Automóviles y vagonetas	294	250
Camionetas	62	63
Minibuses	45	25
Microbuses	9	8
Bus mediano	0	1
Bus grande	4	1
Camión mediano	6	12
Camión grande dos ejes	6	8
Camión grande tres ejes	3	2
Camión semirremolque	0	1
Camión remolque	0	0
Otros vehículos	0	0
Motocicleta	21	25
DISTRIBUCIÓN DE SENTIDOS	**53,19 %**	**46,81 %**

Fuente. Elaboración propia.

TIPO DE VEHÍCULOS	TOTAL	%
Automóviles y vagonetas	544	64,30
Camionetas	125	14,78
Minibuses	70	8,27
Microbuses	17	2,01
Bus mediano	1	0,12
Bus grande	5	0,59
Camión mediano	18	2,13
Camión grande dos ejes	14	1,65
Camión grande tres ejes	5	0,59
Camión semirremolque	1	0,12
Camión remolque	0	0,00
Otros vehículos	0	0,00
Motocicleta	46	5,44
TOTAL	**846**	**100**

CAMIONES	4,49	%
BUSES	2,72	%

a. Factores de corrección para la capacidad vial.

Factor de corrección a la capacidad por pendiente (tabla 4)

Fpe	**0,99**

Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (tabla 5)

% De entrada	53,19	%	asumido	50%
% De salida	46,81	%		50%

% De zonas de no rebase	40	%

Fd	**1**

Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 6)

Fcb	**0,95**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Pendiente ascendente	1,5	%
Longitud de la pendiente	1000	m

Porcentaje de vehículos pesados (%Camiones + % Buses)	Pc	7,21	%
Equivalentes camión (anexo 5)	Ec	1,22	-

Interpolación del anexo 5	
10	1,69
7,21	**1,22**
0	0

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.2(1.62 - 1)}$$

Fp	**0,98**

b. Cálculo de la capacidad vial.

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p = 3200 * 0.99 * 1 * 0.95 * 0.98$$

C60	**2962**	**veh/h**

c. Factores de corrección para el nivel de servicio.

Velocidad ideal de automóviles a flujo libre V_1 (tabla 7)

Interpolación de la tabla 6	
1	86
1,50	**83,50**
2	81

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre	**V1**	**83,5**	**km/h**

Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad. (tabla 8)

Volumen	Q	846	veh/h
Capacidad	C60	2962	veh/h
Volumen / Capacidad	Q/C60	0.3	-

Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad	**fu**	**0,96**	**-**

Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 9)

Ancho de carril	3,65	m
Ancho de berma	1	m

Factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma	**fcb**	**0,95**

Cálculo de la velocidad V2

$$V_2 = V_1 * f_U * f_{Cb} = 83.5 * 0.96 * 0.95$$

V2	**76,1**	**km/h**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Tipo de terreno	plano	-
Longitud de la pendiente	1000	m
Porcentaje de vehículos pesados (camiones)	4.49	%
Equivalentes camión (Ec) (Anexo 6)	1	-

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.0449(1 - 1)}$$

Factor de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes	**fp**	**1**

Factor de corrección por tortuosidad. (tabla 9)

Factor de corrección por efecto de la tortuosidad	**ft**	**1**

Cálculo de la velocidad media del tramo de estudio.

$$V_M = V_2 * f_P * f_t = 71.6 * 1 * 1$$

Velocidad media	**Vm**	**76.2**	**km/h**

d. Cálculo de nivel de servicio.

La velocidad ideal (Vi) corresponde a 90 km/h

Vi _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 100%

VM_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ X

Porcentaje perdido con respecto a la velocidad ideal	**X**	**85**	**%**

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	> 92%	92 % - 80%	80 % - 60 %	69 % - 58 %	58 % - 47 %	< 47%
Ondulado	> 76%	76 % - 66 %	66 % - 57 %	57 % - 48 %	48 % - 38 %	< 38%
Montañoso	> 58%	58 % - 50 %	50 % - 43 %	43 % - 37 %	37 % - 29 %	< 29%
Escarpado	> 40%	40 % - 34 %	34 % - 30 %	30 % - 26 %	26 % - 20 %	< 20%

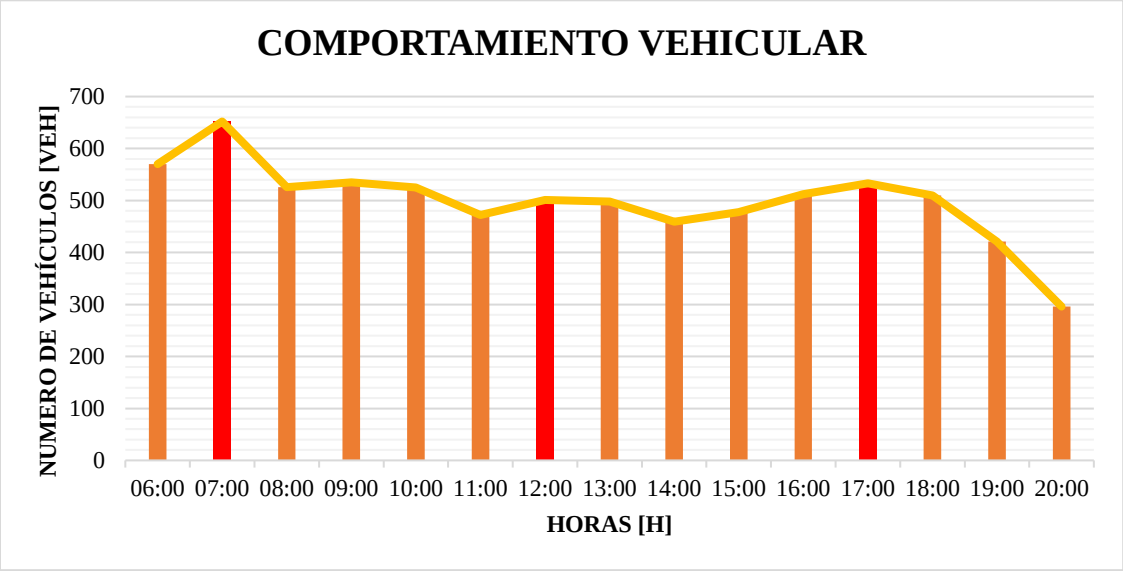
NIVEL DE SERVICIO	**B**

4.2.1.3.Acceso Sur – Este.

Ya que el miércoles es el día en donde se presenta el mayor flujo vehicular, específicamente a la 07:00 de la mañana, este será el dato con el que se calculará la capacidad y el nivel de servicio.

HORA	MIERCOLES
06:00 - 07:00	570
07:00 - 08:00	**652**
08:00 - 09:00	526
09:00 - 10:00	535
10:00 - 11:00	525
11:00 - 12:00	472
12:00 - 13:00	501
13:00 - 14:00	498
14:00 - 15:00	459
15:00 - 16:00	478
16:00 - 17:00	512
17:00 - 18:00	533
18:00 - 19:00	510
19:00 - 20:00	421
20:00 - 21:00	296

Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

Detalle de los vehículos que ingresan y salen a la ciudad de Tarija.

TIPO DE VEHÍCULOS	07:00	
	ENTRADA	SALIDA
Automóviles y vagonetas	179	180
Camionetas	23	42
Minibuses	23	18
Microbuses	11	11
Bus mediano	0	3
Bus grande	8	1
Camión mediano	11	3
Camión grande dos ejes	8	14
Camión grande tres ejes	7	3
Camión semirremolque	5	5
Camión remolque	1	0
Otros vehículos	0	2
Motocicleta	52	42
DISTRIBUCIÓN DE SENTIDOS	**50.31 %**	**49,69 %**

Fuente. Elaboración propia.

TIPO DE VEHÍCULOS	TOTAL	%
Automóviles y vagonetas	359	55,06
Camionetas	65	9,97
Minibuses	41	6,29
Microbuses	22	3,37
Bus mediano	3	0,46
Bus grande	9	1,38
Camión mediano	14	2,15
Camión grande dos ejes	22	3,37
Camión grande tres ejes	10	1,53
Camión semirremolque	10	1,53
Camión remolque	1	0,15
Otros vehículos	2	0,31
Motocicleta	94	14,42
TOTAL	**652**	**100**

CAMIONES	8,74	%
BUSES	5.21	%

a. Factores de corrección para la capacidad vial.

Factor de corrección a la capacidad por pendiente (tabla 4)

Fpe	0,99

Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (tabla 5)

% De entrada	50,31	%	asumido	50%
% De salida	49,69	%		50%

% De zonas de no rebase	0	%

Fd	**1**

Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 6)

Fcb	**0,95**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Pendiente ascendente	1	%
Longitud de la pendiente	1000	m

Porcentaje de vehículos pesados (%Camiones + % Buses)	Pc	13,96	%
Equivalentes camión (Anexo 5)	Ec	1,63	-

Interpolación del anexo 5	
10	1,64
13,96	**1,63**
20	1.62

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.139(1.63 - 1)}$$

Fp	**0,92**

b. Cálculo de la capacidad vial.

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p = 3200 * 0.99 * 1 * 0.95 * 0.92$$

C60	**2766**	**veh/h**

c. Factores de corrección para el nivel de servicio.

Velocidad ideal de automóviles a flujo libre V_1 (tabla 7)

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre	**V1**	**86**	**km/h**

Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad. (tabla 8)

Volumen	Q	652	veh/h
Capacidad	C60	2766,0	veh/h
Volumen / Capacidad	Q/C60	0,24	-

Interpolación de la tabla 7	
0,2	0,98
0,24	**0,97**
0,3	0,96

Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad	**fu**	**0,97**	**-**

Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (tabla 9)

Ancho de carril	3,65	m
Ancho de berma	1	m

Factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma	**fcb**	**0,95**

Cálculo de la velocidad V2

$$V_2 = V_1 * f_U * f_{Cb} = 86 * 0.97 * 0.95$$

V2	**79,2**	**km/h**

Factor de corrección por presencia de vehículos pesados

Tipo de terreno	plano	-
Longitud de la pendiente	1000	m
Porcentaje de vehículos pesados (camiones)	8.74	%
Equivalentes camión (Ec) (anexo 6)	1,98	

Interpolación del anexo 6	
10	2,26
8,74	**1,98**
0	0

$$F_p = \frac{1}{1 + P_c(E_C - 1)} = \frac{1}{1 + 0.0874(1.98 - 1)}$$

Factor de corrección al nivel de servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes	fp	0,92

Factor de corrección por tortuosidad. (tabla 9)

Factor de corrección por efecto de la tortuosidad	ft	1

Cálculo de la velocidad media del tramo de estudio.

$$V_M = V_2 * f_P * f_t = 79{,}2 * 0{,}92 * 1$$

Velocidad media	Vm	73	km/h

d. Cálculo de nivel de servicio.

La velocidad ideal (Vi) corresponde a 90 km/h

Vi _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 100%

V_M_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ X

Porcentaje perdido con respecto a la velocidad ideal	X	81	%

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	> 92%	92 % - 80%	80 % - 60 %	69 % - 58 %	58 % - 47 %	< 47%
Ondulado	> 76%	76 % - 66 %	66 % - 57 %	57 % - 48 %	48 % - 38 %	< 38%
Montañoso	> 58%	58 % - 50 %	50 % - 43 %	43 % - 37 %	37 % - 29 %	< 29%
Escarpado	> 40%	40 % - 34 %	34 % - 30 %	30 % - 26 %	26 % - 20 %	< 20%

NIVEL DE SERVICIO	B

4.2.2. Inventario de señalización vertical.

4.2.2.1.Acceso Norte.

Para el acceso norte se tomó de referencia el punto de inicio como progresiva 00 + 000 y el punto final como progresiva 01+000.

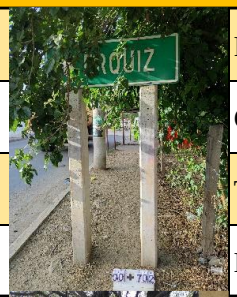
Elemento	Coordenadas Este [UTM]	Coordenadas Norte [UTM]	Progresivas [m]	Fotografia
Punto de Inicio PI – 1	317644.00 m E	7621639.00 m S	00 + 000	
Punto final PF – 1	317645.00 m E	7622605.00 m S	01 + 000	

FIGURA 48. Inventario vial de señalización vertical - Acceso Norte.

INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES								
ACCESO NORTE								
Progresiva	00 + 038		Progresiva	00 + 060		Progresiva	00 + 078	
Carril	Derecho		Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Reglamentaria		Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Informativa	
Estado	Malo		Estado	Malo		Estado	Malo	
Progresiva	00 + 100		Progresiva	00 + 136		Progresiva	00 + 416	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Derecho	
Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Preventiva	
Estado	Malo		Estado	Malo		Estado	Malo	
Progresiva	00 + 482		Progresiva	00 + 513		Progresiva	00 + 557	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Reglamentar	
Estado	Regular		Estado	Regular		Estado	Malo	

Fuente. Elaboración propia.

Continuación.

INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES								
ACCESO NORTE								
Progresiva	00 + 691		Progresiva	00 + 702		Progresiva	00 + 569	
Carril	Izquierdo		Carril	Derecho		Carril	Derecho	
Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Preventiva	
Estado	Regular		Estado	Regular		Estado	Malo	
Progresiva	00 + 711		Progresiva	00 + 821		Progresiva	00 + 861	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Reglamentar	
Estado	Regular		Estado	Malo		Estado	Malo	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.2.2.Acceso Sur.

Para el acceso sur se tomó de referencia el punto de inicio como progresiva 00 + 000 y el punto final como progresiva 01+000.

Elemento	Coordenadas Este [UTM]	Coordenadas Norte [UTM]	Progresivas [m]	Fotografia
Punto de Inicio PI – 2	326969.00 m E	7614213.00 m S	00 + 000	
Punto final PF – 2	327555.00 m E	7613441.00 m S	01 + 000	

FIGURA 49. Inventario vial de señalización vertical - Acceso Sur.

INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES								
ACCESO SUR								
Progresiva	00 + 074		Progresiva	00 + 266		Progresiva	00 + 278	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Reglamentaria		Tipo de señal	Reglamentaria		Tipo de señal	Preventiva	
Estado	Bueno		Estado	Bueno		Estado	Bueno	
Progresiva	00 + 389		Progresiva	00 + 441		Progresiva	00 + 471	
Carril	Derecho		Carril	Derecho		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Reglamentaria		Tipo de señal	Reglamentaria	
Estado	Regular		Estado	Bueno		Estado	Bueno	
Progresiva	00 + 638		Progresiva	00 + 906		Progresiva	00 + 336	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Centro	
Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Reglamentaria		Tipo de señal	Informativa	
Estado	Bueno		Estado	Bueno		Estado	Regular	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.2.3.Acceso Sur – Este.

Para el acceso sur – este se tomó de referencia el punto de inicio como progresiva 00 + 000 y el punto final como progresiva 01+000.

Elemento	Coordenadas Este [UTM]	Coordenadas Norte [UTM]	Progresivas [m]	Fotografia
Punto de Inicio PI – 3	326971.00 m E	7614238.00 m S	00 + 000	
Punto final PF – 3	327969.00 m E	7614370.00 m S	01 + 000	

FIGURA 50. Inventario de señalización vertical del Acceso Sur – Este.

INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES								
ACCESO ESTE								
Progresiva	00 + 029		Progresiva	00 + 179		Progresiva	00 + 282	
Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Informativa	
Estado	Regular		Estado	Regular		Estado	Regular	
Progresiva	00 + 431		Progresiva	00 + 515		Progresiva	00 + 521	
Carril	Derecho		Carril	Derecho		Carril	Izquierdo	
Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Preventiva	
Estado	Regular		Estado	Bueno		Estado	Regular	
Progresiva	00 + 614		Progresiva	00 + 787		Progresiva	00 + 823	
Carril	Derecho		Carril	Izquierdo		Carril	Derecho	
Tipo de señal	Preventiva		Tipo de señal	Informativa		Tipo de señal	Preventiva	
Estado	Bueno		Estado	Bueno		Estado	Bueno	

Fuente. Elaboración propia.

Continuación.

INVENTARIO DE SEÑALES VERTICALES		
ACCESO ESTE		
Progresiva	00 + 202	
Carril	Centro	
Tipo de señal	Informativa y Reglamentaria	
Estado	Bueno	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.3. Inventario de señalización horizontal.

4.2.3.1.Acceso Norte.

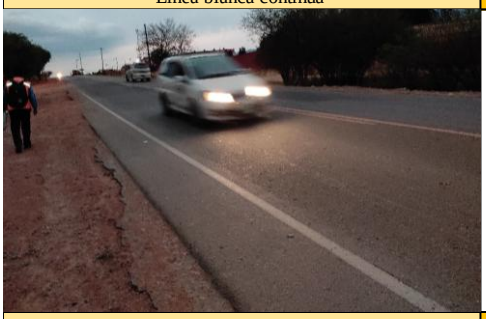
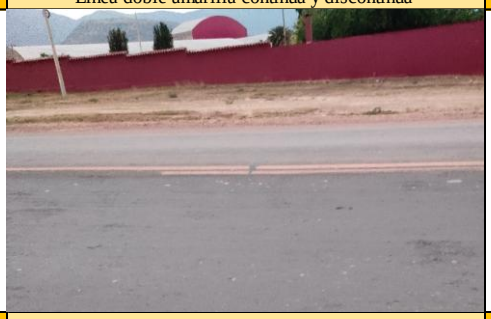
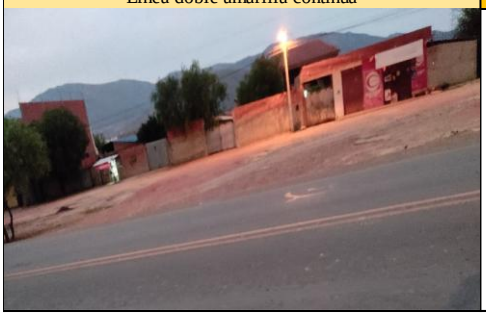
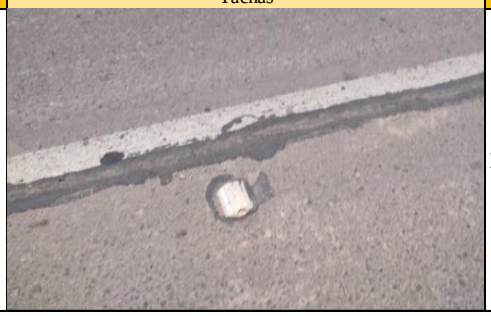
FIGURA 51. Inventario vial de señalización horizontal - Acceso Norte.

ACCESO NORTE	
TIPO DE SEÑAL	**ESTADO**
Linea blanca continua	
	Deteriorado
Tachas	
	Deteriorado
Resaltos	
	Regular

Fuente. Elaboración propia.

4.2.3.2.Acceso Sur.

FIGURA 52. Inventario vial de señalización horizontal - Acceso Sur.

ACCESO SUR			
Tipo de señal	**ESTADO**	Tipo de señal	**ESTADO**
Linea blanca continua		Linea doble amarilla continua y discontinua	
	Bueno		Regular
Linea doble amarilla continua		Tachas	
	Bueno		Deteriorado

Fuente. Elaboración propia.

4.2.3.3.Acceso Sur – Este.

FIGURA 53. Inventario de señalización horizontal del Acceso Sur – Este.

ACCESO ESTE			
Tipo de señal	**ESTADO**	**Tipo de señal**	**ESTADO**
Linea blanca continua		Resalto	
	Regular		Regular
Achurado en V		Tachas	
	Deteriorado		Deteriorado

Fuente. Elaboración propia.

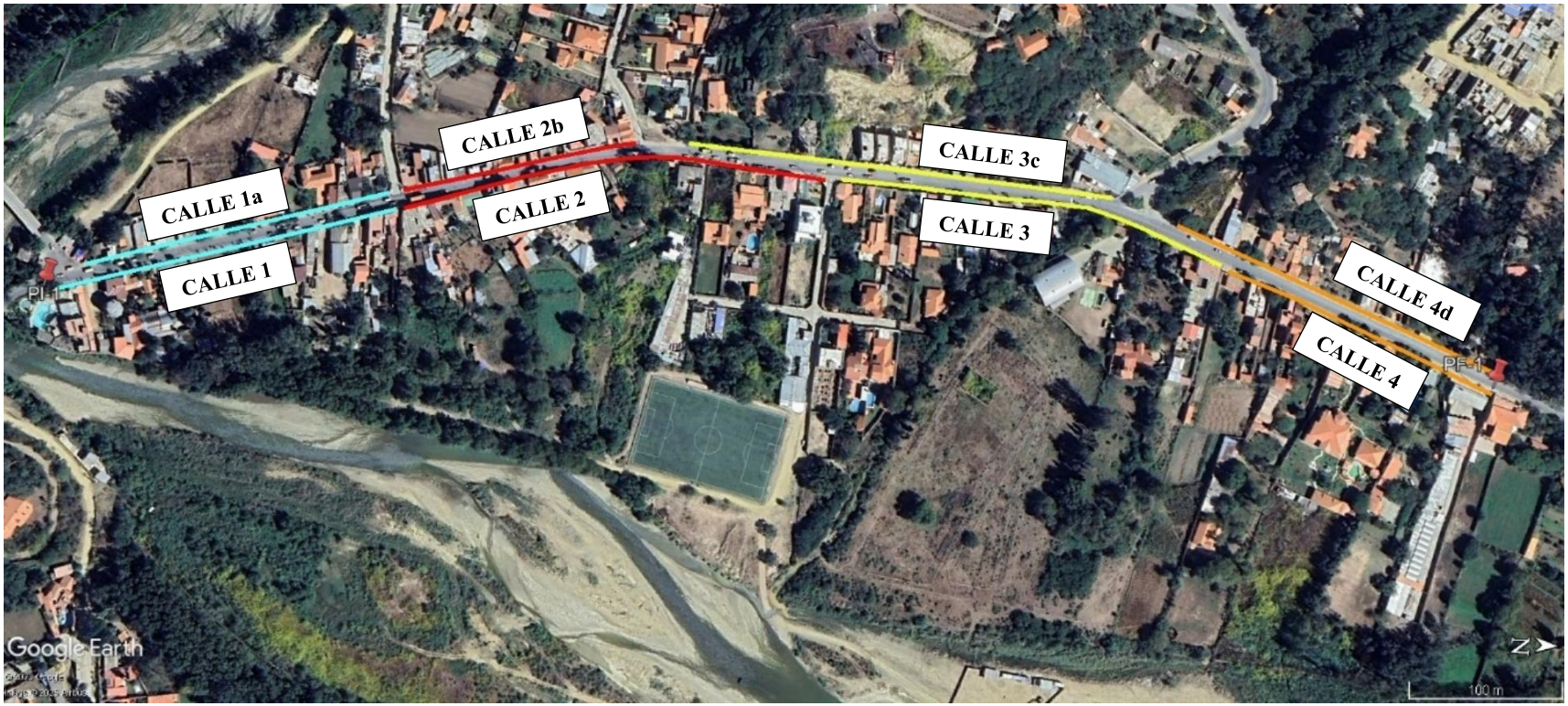
4.2.4. Estudio de estacionamiento.

- Para este estudio primeramente se realizó el levantamiento de datos en cada uno de los accesos, utilizando el método de registro por número de placas, según la planilla del anexo 34.
- Para el cálculo de la oferta en cada uno de los accesos, se considerará la longitud correspondiente a los vehículos livianos y pesados según el porcentaje de distribución en cada carretera. Una vez obtenida la longitud asignada para cada tipo de vehículo, se calcularán los cajones, considerando 6 metros de largo para los vehículos livianos y 12 metros de largo para los vehículos pesados.

4.2.4.1.Acceso Norte.

- Para el acceso norte, el tramo de 1000 metros se dividió en cuatro calles, tanto en el carril de entrada como en el de salida.

FIGURA 54. Calles del acceso Norte.



Fuente. Elaboración propia.

- Una vez recolectado los datos, se procede a la medición de las cuatro calles en ambos sentidos de circulación.

Tabla 88. Longitud total de las calles de estudio.

CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO	
Calle 1a	217,8 m	Calle 1	-
Calle2b	157,4 m	Calle 2	287,4 m
Calle 3c	287,4 m	Calle 3	261,6 m
Calle 4d	250 m	Calle 4	200 m

Fuente. Elaboración propia.

- Posteriormente, se excluirán las áreas donde el estacionamiento estaba restringido, como aquellas señalizadas con carteles de prohibido estacionar, garajes, intersecciones, entre otros.

Tabla 89. Zonas restringidas para estacionarse.

CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO	
Calle 1a	27,35 m	Calle 1	-
Calle 2b	23,00 m	Calle 2	47,30 m
Calle 3c	43,70 m	Calle 3	50,30 m
Calle 4d	41,50 m	Calle 4	45,90 m

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 90. Longitudes reales de las calles en el acceso Norte.

CARRIL IZQUIERDO		CARRIL DERECHO	
Calle 1a	190,45 m	Calle 1	-
Calle2b	134,40 m	Calle 2	240,10 m
Calle 3c	243,70 m	Calle 3	211,30 m
Calle 4d	208,50 m	Calle 4	154,40 m

Fuente. Elaboración propia.

- Se realizó la distribución de vehículos pesados y livianos en cada carril, tomando como referencia la distribución del día lunes en el acceso norte.

TIPO DE VEHÍCULOS	ENTRADA [Veh]	SALIDA [Veh]	ENTRADA [%]	SALIDA [%]
Automóviles y vagonetas	524	290	44,29	49,49
Camionetas	127	57	10,74	9,73
Minibuses	159	69	13,44	11,77
Microbuses	147	39	12,43	6,66
Bus mediano	2	1	0,17	0,17
Bus grande	2	0	0,17	0,00
Camión mediano	39	32	3,30	5,46
Camión grande dos ejes	33	5	2,79	0,85
Camión grande tres ejes	9	20	0,76	3,41
Camión semirremolque	7	1	0,59	0,17
Camión remolque	4	0	0,34	0,00
Otros vehículos	0	3	0,00	0,51
Motocicleta	130	69	10,99	11,77
TOTAL	**1183**	**586**	**100**	**100**

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)					
Vehículos livianos	92,05	%	Asumido	90	%
Vehículos pesados	7,95	%		10	%

SALIDA (CARRIL DERECHO)					
Vehículos livianos	89,59	%	Asumido	90	%
Vehículos pesados	10,41	%		10	%

- En el anexo 38 se puede apreciar el procedimiento de cálculo para la oferta de estacionamiento.
- Como resultado se puede apreciar la oferta y de demanda presente en cada uno de los carriles.

Tabla 91. Oferta y demanda en ambos carriles del acceso Norte.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				
Calle	VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS	
	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]
1a	29	1	2	0
2b	20	0	1	0
3c	37	2	2	0
4d	31	0	2	0
Total	**117**	**3**	**7**	**0**
Índice de rotación [Veh/cajón/h]	0,03		0	

SALIDA (CARRIL DERECHO)				
Calle	VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS	
	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]
1	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar
2	36	1	2	0
3	32	2	2	0
4	23	2	2	0
Total	**91**	**5**	**6**	**0**
Índice de rotación [Veh/cajón/h]	0,05		0	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.4.2. Acceso Sur.

- Para el acceso sur, se tomó en cuenta la totalidad del tramo de estudio, es decir los 1000 metros. Dado que este acceso cuenta con berma, solo se descontaron las áreas donde el estacionamiento está prohibido, como garajes, calles, etc.

Tabla 92. Longitudes reales para el acceso Sur.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)			SALIDA (CARRIL DERECHO)		
Tramo de estudio	1000	m	Tramo de estudio	1000	m
Prohibido estacionar	220,8	m	Prohibido estacionar	313,6	m
Longitud real	779,2	m	longitud real	686,4	m

Fuente. Elaboración propia.

- Se realizó la distribución de vehículos pesados y livianos en cada carril, tomando como referencia la distribución del día domingo en el acceso sur.

TIPO DE VEHÍCULOS	ENTRADA [Veh]	SALIDA [Veh]	ENTRADA [%]	SALIDA [%]
Automóviles y vagonetas	170	222	53,63	53,49
Camionetas	36	44	11,36	10,60
Minibuses	23	60	7,26	14,46
Microbuses	1	2	0,32	0,48
Bus mediano	1	0	0,32	0,00
Bus grande	1	3	0,32	0,72
Camión mediano	15	12	4,73	2,89
Camión grande dos ejes	24	27	7,57	6,51
Camión grande tres ejes	6	9	1,89	2,17
Camión semirremolque	4	2	1,26	0,48
Camión remolque	0	0	0,00	0,00
Otros vehículos	1	1	0,32	0,24
Motocicleta	35	33	11,04	7,95
TOTAL	**317**	**415**	**100**	**100**

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)					
Vehículos livianos	83,91	%	asumido	80	%
Vehículos pesados	16,09	%		20	%

SALIDA (CARRIL DERECHO)					
Vehículos livianos	86,99	%	asumido	85	%
Vehículos pesados	13,01	%		15	%

- En el anexo 39 se puede apreciar el procedimiento de cálculo para la oferta de estacionamiento.
- Como resultado se obtuvo la oferta en el acceso sur, y la demanda de vehículos que existe.

Tabla 93. Oferta y demanda en ambos carriles del acceso Sur.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				SALIDA (CARRIL DERECHO)			
VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS		VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS	
Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]
104	4	13	0	97	5	9	0
Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]	
0,04		0,00		0,05		0	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.4.3.Acceso Sur – Este.

- Para este acceso, también se tomó en cuenta la totalidad del tramo de estudio que es de 1000 metros, excluyendo las áreas con restricción de estacionamiento, como calles, garajes, entre otros.

Tabla 94. Longitudes reales para el acceso Sur – Este.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)			SALIDA (CARRIL DERECHO)		
Tramo de estudio	1000	m	Tramo de estudio	1000	m
Prohibido estacionar	129,7	m	Prohibido estacionar	152,2	m
Longitud real	870,3	m	Longitud real	847,8	m

Fuente. Elaboración propia.

- Se realizó la distribución de vehículos pesados y livianos en cada carril, tomando como referencia la distribución del día miércoles en el acceso sur – este.

TIPO DE VEHÍCULOS	ENTRADA [Veh]	SALIDA [Veh]	ENTRADA [%]	SALIDA [%]
Automóviles y vagonetas	179	180	54,57	55,56
Camionetas	23	42	7,01	12,96
Minibuses	23	18	7,01	5,56
Microbuses	11	11	3,35	3,40
Bus mediano	0	3	0,00	0,93
Bus grande	8	1	2,44	0,31
Camión mediano	11	3	3,35	0,93
Camión grande dos ejes	8	14	2,44	4,32
Camión grande tres ejes	7	3	2,13	0,93
Camión semirremolque	5	5	1,52	1,54
Camión remolque	1	0	0,30	0,00
Otros vehículos	0	2	0,00	0,62
Motocicleta	52	42	15,85	12,96
TOTAL	**328**	**324**	**100**	**100**

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)					
Vehículos livianos	87,80	%	asumido	85	%
Vehículos pesados	12,20	%		15	%

SALIDA (CARRIL DERECHO)					
Vehículos livianos	91,36	%	asumido	90	%
Vehículos pesados	8,64	%		10	%

- El procedimiento de cálculo de la oferta en el acceso Sur – Este se encuentra en el anexo 40.
- Obteniendo los siguientes resultados para la oferta y demanda:

Tabla 95. Oferta y demanda en ambos carriles del acceso Sur - Este.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				SALIDA (CARRIL DERECHO)			
VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS		VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS	
Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]
123	0	11	29	127	3	7	0
Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]	
0		2,64		0,02		0	

Fuente. Elaboración propia.

4.2.5. Transporte público.

4.2.5.1.Acceso Norte.

Tabla 96. Microbuses que circulan por el Acceso Norte

MICROBUSES		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Sindicato de transporte de pasajeros "La Tablada". Línea A (roja)	Zona de Tomatitas	• Terminal de buses
Sindicato de transporte de pasajeros "La Tablada". Línea A (verde)	Zona de Tomatitas	• Barrio el portillo
Sindicato de transporte de pasajeros "La Tablada". Línea B	Zona de Tomatitas	• Avenida Marcelo Quiroga Santa Cruz y calle Capitán Matías Guerrero
Sindicato de transporte "Virgen de Chaguaya". Línea 9	Camino vecinal Erquiz Sur, barrio Méndez Fortaleza.	• Avenida Octavio campero Echazu

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 97. Taxi trufis que circulan por el Acceso Norte.

TAXI TRUFI		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Taxi trufi bandera naranja (20)	Barrio Obrajes	Zona el portillo

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 98. Minivans que circulan por el Acceso Norte.

MINIVANS		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Asociación de transporte libre interno "Estrella del Sur"	Camargo	• Av. Jaime Paz y calle Carlos Lazcano • Terminal de buses
	Tupiza	
	Villazón	
	Potosí	
	Sucre	
Asociación de transporte "La Veloz"	Camargo	• Av. Jaime Paz, esquina Villamontes y plaza San Gerónimo
	Potosí	
	Villazón	
Asociación de transporte "Flecha Sur"	Padcoyo	• Parada del norte
	Potosí	
Asociación mixta de transporte "T.N.T"	Sucre	• Terminal de buses
Transporte interdepartamental mixto "6 de agosto"	Camargo	• Parada del Norte
	Potosí	
Asociación de transporte "Villa Charcas"	Villa Charcas	• Parada del Norte
Sindicato 04 de Diciembre	Villa Charcas	• Parada del Norte
	Incahuasi	
Asociación de transporte "20 de diciembre"	Culpina	• Parada del Norte
	Pucapampa	
Coop. Trasporte Vecinal	Tupiza	• Parada del Norte
Asociación San Lucas	San Lucas	• Parada del Norte
Sindicato de transporte "25 de mayo"	Camargo	• Terminal Interprovincial
	Potosí	
Asociación de transporte "15 de Junio"	Iscayachi	• Parada del Norte
	Yunchará	
	Villazón	
Sindicato de transporte mixto "Condor Carga"	Potosí	• Parada del Norte
	Oruro	
	Sucre	
	La paz	
	Cochabamba	
	Tupiza	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 99. Minibuses que circulan por el Acceso Norte.

MINIBUSES		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Sindicato de transporte mixto. “Cantón Erquiz”	Erquiz Norte	• Calle comercio (zona campesino)
	Erquiz Sur	
	Erquiz Ceibal	
	Erquiz Oropeza	
As. San Lorenzo	San Lorenzo	• Av. Panamericana • Av. Domingo paz entre Ballivián y Juan Misael Saracho
	La Victoria	
	Coimata	
	Canasmoro	
	Calama	
	Marquiri	
	Chorros de Jurina	
Asociación de transporte “San Miguel”	Trancas	• Calle comercio, a la altura de la ex federación de campesinos.
	Rancho Norte	
	San Lorenzo	
	Lajas	
	Canasmoro	
	Tomatas grandes	
	Cruce Corana	

Fuente. Elaboración propia.

Todas las empresas de transporte inician sus recorridos desde la terminal de autobuses, con salidas programadas en distintos horarios según cada empresa.

Tabla 100. Buses que circulan por el Acceso Norte.

BUSES		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Villa del Norte	La Paz	Terminal de Buses
	Oruro	
	Villazón	
	Tupiza	
Mac Freedom	Oruro	
	La Paz	
Narváez	La Paz	
	Villazón	
	Tupiza	
Expreso La Paz	La Paz	
Royal Class	La Paz	
Expreso del Sur	La Paz	
	Cochabamba	
Expreso Tarija	La Paz	
	Sucre	
	Potosí	
	Oruro	
	Villazón	
El Bermejeño	La Paz	
San Lorenzo	La Paz	
Padcaya	La Paz	
	Cochabamba	
Osastur	La Paz	
	Cochabamba	
Sama	La Paz	
	Tupiza	
	Villazón	
	Cochabamba	
San Roque	La Paz	
Copacabana	La Paz	
	Cochabamba	
Premium	La Paz	
Aysurbus	La Paz	
Expreso Tupiza	La Paz	
Emperador	Sucre	
	Potosí	
06 de octubre	Sucre	
Andes Bus	Sucre	

El mexicano	Sucre	
Limelvi Tours	Potosí	
Villa Imperial	Potosí	
Chorolque	Villazón	
Juárez	Tupiza	

Fuente: elaboración propia.

Como resultados se obtuvieron:

Tabla 101. Total de líneas y empresas de transporte público en el acceso Norte.

MICROS	TAXI TRUFIS	MINIVANS	MINIBUSES	BUSES
4 líneas	1 línea	13 empresas	3 empresas	25 empresas

Fuente. Elaboración propia.

4.2.5.2.Acceso Sur.

Tabla 102. Taxi trufis que circulan por el Acceso Sur.

TAXI TRUFI		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Taxi trufi "Trans. Vecinal" Bandera roja con blanco	Dos cuadras debajo de las oficinas del proyecto múltiple San Jacinto	• Barrio los parrales
Bandera verde con naranja 02	La pintada	• Barrio Los Parrales

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 103. Minivans que circulan por el Acceso Sur.

MINIVANS		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Valle	Valle de la concepción	• Av. Froilán Tijerina y Corrado
Asociación "Virgen del Rosario"	Valle de la concepción	• Av. Froilán Tejerina y Calle Pantoja
Asociación de transporte "08 de Noviembre"	Padcaya	• Parada al Chaco
	Chaguaya	
	Bermejo	
Asociación de transporte "La Veloz"	Bermejo	• Av. Las Américas a lado de la plazuela San Gerónimo • Terminal de Buses.
Calamuchita	La Angostura	• Av. Froilán Tejerina
	Colon	
	La Choza	
Asociación de transporte libre interno "Estrella del Sur"	Bermejo	• Av. Jaime Paz y calle Carlos Lazcano • Terminal de buses

Fuente. Elaboración propia.

T**abla 104.** Buses que circulan por el Acceso Sur.

BUSES		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Expreso Gran Chaco	Bermejo	Terminal de Buses
Transporte Gran Chaco		
Flota El Chapaco		
Expreso Padcaya		
Expreso San Roque		
Expreso Tarija		
Expreso San Lorenzo		
Juarez	Salta Jujuy – Argentina	
Trans Americano	Buenos Aires	
Balut	Oran, Salta, Jujuy	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 105. Total de líneas y empresas de transporte público en el acceso Sur.

TAXI TRUFIS	MINIVANS	BUSES
2 líneas	6 empresas	10 empresas

Fuente. Elaboración propia.

4.2.5.3.Acceso Sur – Este.

Tabla 106. Microbuses que circulan por el Acceso Sur – Este.

MICROBUS		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Sindicato de transporte de pasajeros "La Tablada". Línea A (verde)	Zona de Tomatitas	• Barrio el portillo

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 107. Taxi trufis que circulan por el Acceso Sur – Este.

TAXI TRUFI		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Bandera Azul con Naranja (01)	El portillo	• San Mateo
Bandera Naranja (20)	Barrio Obrajes	• Zona el portillo
Bandera Blanca (20 amarillo)	El portillo	• San mateo
Bandera Blanca (03 rojo)	El portillo	• Monte centro

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 108. Minivans que circulan por el Acceso Sur – Este.

MINIVANS		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Asociación de transporte libre interno "Estrella del Sur"	Yacuiba	• Av. Jaime Paz y calle Carlos Lazcano • Terminal de buses
	Villamontes	
	Carapari	
	Entre ríos	
Expreso "26 de marzo"	Yacuiba	• Av. Jaime Paz Zamora entre Suarez y Serapio Martinez
	Entre ríos	
	Villamontes	
Asociación de transporte "La Veloz"	Yacuiba	• Av. Jaime Paz, esquina Villamontes y plaza San Gerónimo
	Villamontes	
	Entre Rios	
Servicio de pasajeros "08 de septiembre"	Entre Rios	• Av. La Paz entre las calles Bolivar y Oruro
	Yacuiba	
	Villamontes	
	Carapari	
Asociación mixta de transporte "T.N.T"	Yacuiba	• Terminal de Buses
Asociación de transporte "08 de Noviembre"	Entre Ríos	• Parada al Chaco
Expreso Inter rutas "El Fronterizo"	Villamontes	• Calle Ciro Trigo y España
	Carapari	
	Yacuiba	
Transporte "La Guadalupana"	Huacareta	• Parada al Chaco
	Timboy	
Transporte "La Entrerriana"	Villamontes	• Parada al Chaco
Sindicato de transporte mixto "Condor Carga"	Santa Cruz	• Terminal de buses
	Camiri	
Asociación de taxi trufi "Yesera"	Comunidad de Yesera	• Av. La Paz y Rosendo Estensoro

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 109. Buses que circulan por el Acceso Sur – Este.

BUSES		
EMPRESA	**DESTINO**	**PARADA**
Lince	Santa Cruz	Terminal de buses
San roque	Santa Cruz	
	Yacuiba	
Narvaez	Santa Cruz	
	Yacuiba	
Padcaya	Santa Cruz	
San Lorenzo	Santa Cruz	
	Yacuiba	
Expreso Tarija	Santa Cruz	
Expreso del Sur	Santa Cruz	
	Villamontes	
	Yacuiba	
El mexicano	Santa Cruz	
Sama	Santa Cruz	
	Yacuiba	
	Villamontes	
Tupiza	Santa Cruz	
Trans Guadalquivir	Yacuiba	
Expreso Gran Chaco	Villamontes	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 110. Total de líneas y empresas de trasporte público en el acceso Sur -Este.

MICROS	TAXI TRUFIS	MINIVANS	BUSES
1 línea	4 líneas	11 empresas	12 empresas.

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO V.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Acceso Norte.

- En el acceso norte se pudo apreciar una gran cantidad de vehículos, y esto se vio reflejado en su capacidad vial y su nivel de servicio.

Descripción	Acceso Norte
Capacidad Vial	1845 veh/h
Nivel de servicio	E

Mediante los cálculos se llegó a un resultado en donde el acceso Norte presenta un nivel de servicio E, lo que indica que el tránsito vehicular opera muy cerca de su máxima capacidad, en estas condiciones, los vehículos avanzan lentamente, pero sin detenerse del todo, en donde la libertad de maniobrar es casi imposible. Este nivel de servicio refleja un tránsito vehicular inestable, donde cualquier interrupción pequeña llega a causar congestionamiento.

- Para el estudio de las velocidades de punto, se seleccionan previamente los subtramos más representativos dentro del tramo de estudio. El primer subtramo se ubicó a pocos metros después de la "intersección 1", donde se observa que los vehículos tienden a circular a menor velocidad. El segundo subtramo se localizó metros antes de la "intersección 2", en una zona donde los vehículos circulan a mayor velocidad.

  Esta selección permitió analizar la variación de las velocidades a lo largo del tramo de estudio, los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico se detallan a continuación.

Velocidad	ACCESO NORTE							
	Sub tramo 1				Sub tramo 2			
	Carril de Entrada		Carril de salida		Carril de Entrada		Carril de salida	
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
Velocidad de punto [km/h]	20,83	18,43	22,65	18,54	41,53	32,73	32,81	27,80

Se puede observar que, efectivamente, en el subtramo 1 las velocidades en ambos carriles son más bajas en comparación con el subtramo 2. Esto se debe principalmente a la geometría de la calzada, ya que en el subtramo 1 el ancho de la vía es mucho más estrecho, lo que limita la posibilidad de realizar maniobras de adelantamiento.

Además, los vehículos pesados, al circular a menor velocidad, retrasan el flujo de los vehículos livianos, impidiendo que estos puedan avanzar a mayor velocidad.

En el subtramo 2, las velocidades en ambos carriles mejoran considerablemente. Esto se atribuye a que la geometría de la calzada es mucho más amplia, lo que permite realizar maniobras de adelantamiento. En esta sección los vehículos livianos y pesados pueden circular de manera más fluida.

- Para el cálculo de la velocidad de crucero y la velocidad de recorrido total, se realizaron 10 mediciones representativas de los tiempos de recorrido y los tiempos de demora. Estas mediciones se realizaron durante la hora pico de máxima demanda en el acceso norte, específicamente el día lunes a las 8:00 de la mañana, con el objetivo de capturar los tiempos de demora asociados al tránsito vehicular. Los resultados obtenidos son:

Velocidades	ACCESO NORTE
Velocidad de recorrido total [km/h]	20,98
Velocidad de crucero [km/h]	22,75

La velocidad de recorrido total es aquella que un vehículo mantiene a lo largo de cierta distancia, considerando tanto los tiempos de recorrido como los tiempos de demora. Por otro lado, la velocidad de crucero únicamente toma en cuenta el tiempo de recorrido cuando el vehículo está en movimiento. En este caso, la velocidad de recorrido total resulta menor que la velocidad de crucero, lo que evidencia la existencia de demoras en el tramo de estudio que afectan la fluidez del tráfico y reducen la velocidad promedio de los vehículos.

Estas demoras se atribuyen, en gran medida, a la presencia de vehículos pesados, especialmente durante las horas pico, cuando el volumen de vehículos livianos es mayor. La interacción entre estos tipos de vehículos genera interrupciones en el flujo, ya que los vehículos pesados tienden a reducir la velocidad de circulación.

Otro factor que contribuye a las demoras es la "intersección 1", ya que un porcentaje de vehículos ingresa por esta calle, provocando leves interrupciones en el flujo vehicular a lo largo del tramo de estudio.

- El inventario de la señalización vertical y horizontal realizado en este acceso reveló que la señalización vertical se encuentra en mal estado, con la mayoría de los elementos totalmente deteriorados. De igual manera la señalización horizontal presenta serias deficiencias, siendo visible únicamente en pequeñas secciones del tramo de estudio y completamente ausente en gran parte del mismo. Esta situación representa un riesgo significativo para la seguridad de los vehículos y peatones, especialmente durante la noche, esto debido a la falta de mantenimiento adecuado.
- El estudio de estacionamiento se realizó considerando cuatro calles a lo largo de cada carril. En el carril izquierdo hay 117 cajones para vehículos livianos y 7 cajones para vehículos pesados, mientras que en el carril derecho hay 91 cajones para vehículos livianos y 6 cajones para vehículos pesados.

  Los resultados muestran que la demanda de estacionamiento es mucho menor que la oferta, lo que también se refleja en un bajo índice de rotación. Esto indica que en este acceso no existen problemas de estacionamiento.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				
Calle	**VEHÍCULOS LIVIANOS**		**VEHÍCULOS PESADOS**	
	Oferta [cajones]	**Demanda [Veh/h]**	**Oferta [cajones]**	**Demanda [Veh/h]**
1a	29	1	2	0
2b	20	0	1	0
3c	37	2	2	0
4d	31	0	2	0
Total	**117**	**3**	**7**	**0**
Índice de rotación [Veh/cajón/h]	0,03		0	
SALIDA (CARRIL DERECHO)				
Calle	**VEHÍCULOS LIVIANOS**		**VEHÍCULOS PESADOS**	
	Oferta [cajones]	**Demanda [Veh/h]**	**Oferta [cajones]**	**Demanda [Veh/h]**
1	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar	Prohibido estacionar
2	36	1	2	0
3	32	2	2	0
4	23	2	2	0
Total	**91**	**5**	**6**	**0**
Índice de rotación [Veh/cajón/h]	0,05		0	

- En cuanto al transporte público, se observa que el acceso norte a la ciudad de Tarija presenta una alta concentración de empresas de minivans, minibuses y buses. Estos vehículos utilizan esta vía de manera frecuente, ya que conecta con importantes destinos turísticos en la zona, además al ser parte de la red fundamental varios buses

recorren el mismo rumbo al norte del país. La elevada circulación de transporte público en este acceso genera problemas en la fluidez vehicular formando puntos de congestión, especialmente en las horas pico.

MICROS	TAXI TRUFIS	MINIVANS	MINIBUSES	BUSES
4 líneas	1 línea	13 empresas	3 empresas	25 empresas

5.2. Acceso Sur.

- El tránsito vehicular en este acceso fluye de manera constante, este comportamiento influye positivamente en su capacidad vial y nivel de servicio.

Descripción	Acceso Sur
Capacidad Vial	2962 veh/h
Nivel de servicio	B

Para el acceso sur se calculó un nivel de servicio B, lo cual indica que el tránsito vehicular aun circula de manera libre, sin embargo, comienza a aparecer ciertas limitaciones que obligan a los conductores a reducir ligeramente su velocidad de circulación. Se pueden observar algunas interferencias leves por los vehículos pesados que transitan esta vía, como también por la geometría de la calzada, ya que en ciertos puntos del tramo de estudio se presenta una leve curva y una leve pendiente lo cual impide de cierta manera la maniobra de adelantamiento, aunque en otros puntos del tramo los vehículos pueden realizar cierta maniobra.

- Para el acceso sur el primer sub tramo está ubicado pocos metros después del "surtidor" ya que esta zona esta después de una curva la cual provoca una leve reducción de la velocidad de los vehículos. El segundo sub tramo se encuentra metros más abajo de la "intersección 2" ya que se encuentra metros antes de llegar a una pendiente la cual también provoca una leve reducción de la velocidad. De igual manera estos sub tramos se escogieron con el fin de ver cómo cambia la velocidad a lo largo del tramo de estudio los resultados obtenidos son los siguientes:

Velocidad	ACCESO SUR							
	Sub tramo 1				Sub tramo 2			
	Carril de Entrada		Carril de salida		Carril de Entrada		Carril de salida	
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
Velocidad de punto [km/h]	57,94	40,72	50,68	41,87	57,49	49,65	60,11	43,86

Se puede observar que en este acceso las velocidades de punto son relativamente altas, sin embargo, los vehículos pesados circulan a una velocidad menor a comparación de los vehículos livianos. También se puede apreciar que en el sub tramo dos los vehículos livianos del carril de salida circulan a una velocidad más alta ya que estos se encuentran en pendiente descendente, y los vehículos pesados circulan a menor velocidad para mantener el control del vehículo, manteniendo así la seguridad de la conducción.

- Para el cálculo de la velocidad de crucero y la velocidad de recorrido total se tomaron 10 mediciones de los tiempos de recorrido y de los tiempos de demora, con los cuales se calculó dichas velocidades, obteniendo los siguientes resultados

Velocidades	ACCESO SUR
Velocidad de recorrido total [km/h]	26,23
Velocidad de crucero [km/h]	27,47

Estas mediciones se realizaron en condiciones de máxima demanda vehicular con el objetivo de registrar los tiempos de demora. Los resultados muestran que la velocidad de recorrido total es menor que la velocidad de crucero; Sin embargo, los tiempos de demora registrados son relativamente cortos. Esto indica que, aunque existen interrupciones en la circulación, su impacto en la velocidad promedio no es significativo, lo que genera una diferencia leve entre la velocidad de crucero y la velocidad de recorrido total.

- La señalización vertical en este acceso se encuentra en un estado que varía entre bueno y regular, ya que todavía es visible para los conductores. Por otro lado, la señalización horizontal se considera en buen estado. Sin embargo, las tachas distribuidas a lo largo del tramo de estudio presentan un deterioro notable, lo cual podría representar un riesgo tanto para los conductores como para los peatones, especialmente durante la noche.

- En este acceso el estudio de estacionamiento abarcó todo el tramo de estudio, ya que la carretera no cuenta con aceras, se descontaron las intersecciones y las zonas de entrada y salida de vehículos. Para el carril izquierdo se obtuvo 104 cajones para vehículos livianos y 13 cajones para vehículos pesados, mientras que en el carril derecho se obtuvieron 97 cajones para vehículos livianos y 9 cajones para vehículos pesados.

  Los resultados indican un índice de rotación bajo, lo que significa que la oferta es mucho mayor a la demanda. Esto confirma que en este acceso no existen problemas de estacionamiento.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				SALIDA (CARRIL DERECHO)			
VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS		VEHÍCULOS LIVIANOS		VEHÍCULOS PESADOS	
Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]	Oferta [cajones]	Demanda [Veh/h]
104	4	13	0	97	5	9	0
Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]	
0,04		0,00		0,05		0	

- El transporte público en este acceso está conformado principalmente por minivans y autobuses, estos últimos realizan rutas internacionales, ya que este acceso conecta con Bermejo, donde se encuentra la frontera con Argentina. Sin embargo, la circulación de transporte público en esta vía no es muy alta y no genera un problema en la fluidez vehicular.

TAXI TRUFIS	MINIVANS	BUSES
2 líneas	6 empresas	10 empresas

5.3. Acceso Sur – Este.

- El flujo vehicular en este acceso se mantiene constante, como lo confirman los resultados obtenidos en el cálculo de la capacidad vial y el nivel de servicio, los cuales reflejan un desempeño adecuado de la vía.

Descripción	Acceso Sur – Este
Capacidad Vial	2766 veh/h
Nivel de servicio	B

Este acceso tiene un nivel de servicio B, lo que indica que el tránsito vehicular en esta vía aún mantiene un buen nivel de fluidez, ya que aún puede realizar maniobras de adelantamiento, sin embargo, en ciertos momentos cuando se presentan vehículos pesados, esta maniobra se ve algo limitada, aunque no afecta significativamente el tránsito vehicular.

- Para el estudio de las velocidades de punto se escogieron dos sub tramos dentro del tramo de estudio. El primer subtramo se encuentra metros después del "Surtido" y fue seleccionado debido a su ubicación estratégica, ya que está situado metros después de un reductor de velocidad. El segundo sub tramo se escogió metros más abajo que la "intersección 2" en un área donde los vehículos al parecer toman mayor velocidad.

	ACCESO SUR – ESTE							
Velocidad	**Sub tramo 1**				**Sub tramo 2**			
	Carril de Entrada		Carril de salida		Carril de Entrada		Carril de salida	
	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados	Livianos	Pesados
Velocidad de punto [km/h]	49,16	37,16	41,01	39,65	60,83	51,30	59,86	49,77

En el primer subtramo, las velocidades registradas son más bajas en comparación con el subtramo 2. Esto se debe a la presencia de un reductor de velocidad antes del ingreso a la ciudad, lo que provoca que los vehículos en el carril de entrada reduzcan su velocidad varios metros antes de ingresar. Por otro lado, en el carril de salida, los vehículos comienzan a recuperar velocidad progresivamente a medida que avanzan por el tramo de estudio. En el subtramo 2, las velocidades son considerablemente más altas, ya que en esta zona no existen interferencias en la carretera, lo que permite a los conductores circular con mayor libertad.

- En este acceso se llevaron a cabo 10 mediciones representativas de los tiempos de recorrido y tiempos de demora. Estas mediciones se realizaron el día miércoles, el cual es el día de mayor demanda vehicular, con el propósito de obtener los tiempos de demora y su mostrar el impacto en la velocidad de recorrido. A partir de estas mediciones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Velocidades	**ACCESO SUR – ESTE**
Velocidad de recorrido total [km/h]	26,13
Velocidad de crucero [km/h]	27,29

Se observa que la velocidad de recorrido total es menor que la velocidad de crucero, aunque la diferencia entre ambas no es considerable. Esto se debe a que los tiempos de demora registrados en este acceso no son lo suficientemente significativos como para afectar la fluidez del tránsito en el tramo de estudio.

- La señalización vertical se encuentra en un estado que varía de bueno a regular, ya que aún es visible para los conductores; Sin embargo, algunas presentan irregularidades. Por otro lado, la señalización horizontal está en estado regular, ya que en varias áreas del tramo de estudio no es lo suficientemente notoria. Asimismo, las tachas presentan un deterioro notable, lo que representa un riesgo tanto para conductores como para peatones. Esta situación se debe principalmente a la falta de mantenimiento.
- Para el estudio de estacionamiento en este acceso de igual manera se tomó todo el tramo de estudio, ya que el mismo no cuenta con aceras se descontaron las intersecciones y las entradas y salidas de vehículos, como resultados se obtuvo una oferta de 123 cajones para vehículos livianos y 11 cajones para vehículos pesados en el carril izquierdo, mientras que en el carril derecho se obtuvieron 127 cajones para vehículos livianos y 7 cajones para vehículos pesados.

  El índice de rotación de los vehículos pesados en el carril izquierdo es alto, debido a que la demanda de estos vehículos supera ampliamente la oferta de cajones disponibles. Esto indica que entre 2 a 3 vehículos ocupan un cajón en un período de una hora. Esta situación confirma un problema de estacionamiento en este acceso, ya que, al haber una menor demanda de vehículos livianos, los vehículos pesados utilizan los cajones disponibles de los vehículos livianos, generando largas filas en la zona.

ENTRADA (CARRIL IZQUIERDO)				**SALIDA (CARRIL DERECHO)**			
VEHÍCULOS LIVIANOS		**VEHÍCULOS PESADOS**		**VEHÍCULOS LIVIANOS**		**VEHÍCULOS PESADOS**	
Oferta [cajones]	**Demanda [Veh/h]**	**Oferta [cajones]**	**Demanda [Veh/h]**	**Oferta [cajones]**	**Demanda [Veh/h]**	**Oferta [cajones]**	**Demanda [Veh/h]**
123	0	11	29	127	3	7	0
Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]		Índice de rotación [Veh/cajón/h]	
0		2,64		0,02		0	

- En este acceso, el transporte público está compuesto principalmente por minivans y autobuses, que en su mayoría se dirigen a Entre Ríos, Yacuiba, Villamontes y Santa Cruz. En algunos momentos, se presentan leves problemas de fluidez debido a los micros y taxi trufis que transitan por la vía, sin embargo, esto ocurre solo en ciertos momentos del día.

MICROS	TAXI TRUFIS	MINIVANS	BUSES
1 línea	4 líneas	11 empresas	12 empresas.

5.4. Comparación de resultados.

Tabla 111. Cuadro comparativo.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Sur – Este
Volumen	**1769 veh / h**	**846 Veh / h**	**652 Veh / h**
	Presenta la mayor cantidad de vehículos en una hora en comparación con los otros dos accesos.	Presenta un volumen mayor que el del acceso sur-este, pero menor que el del acceso norte.	Presento la menor cantidad de vehículos en una hora, a comparación de los otros dos accesos.
Capacidad	**1845 Veh / h**	**2962 Veh / h**	**2766 Veh / h**
	Este acceso es el de menor capacidad. Además, se puede apreciar que el mayor volumen registrado en la semana es muy cercano a la capacidad calculada.	Este acceso tiene la mayor capacidad a comparación de los otros, esto permite una mejor circulación vehicular.	Este acceso tiene una capacidad intermedia entre el acceso norte y el acceso sur, pero registra el menor volumen de tráfico.
Nivel de servicio	**E**	**B**	**B**
	Este acceso es el más problemático, ya que tiene el peor nivel de servicio en comparación con los otros.	En este acceso el nivel de servicio es mucho mejor a comparación que el acceso norte, pero es igual que el acceso sur – este.	A pesar de que este acceso registro una capacidad menor a la del acceso sur, ambos mantienen el mismo nivel de servicio, lo que indica que el tránsito vehicular fluye adecuadamente.
Velocidad de recorrido total	**20,98 km / h**	**26,23 km / h**	**26,13 km / h**
	Este acceso al ser el más problemático, registra la velocidad más baja a comparación de los otros dos accesos, esto se debe a que los tiempos de demora registrados son significativos.	Este acceso tiene una velocidad más alta que el acceso norte, y es muy similar a la velocidad que presenta el acceso sur – este, lo que indica un tránsito vehicular más regular y menos afectado por interrupciones.	La velocidad en este acceso es similar a la del acceso sur, lo que indica que los tiempos de demora no presentan variaciones significativas a comparación del acceso norte.

Continuación.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Sur – Este
Velocidad de crucero	**22,75 km / h**	**27,47 km / h**	**27,29 km / h**
	La velocidad en este acceso es menor a comparación de los otros dos accesos, al no tomarse en cuenta los tiempos de demora se puede apreciar que la velocidad mejora levemente, sin embargo, sigue siendo lenta.	Este acceso tiene la velocidad más alta a comparación de los otros dos accesos, aunque también similar a la del acceso sur – este. Se puede decir que se mantiene un tránsito vehicular fluido.	La velocidad en este acceso es más alta que el acceso norte, pero levemente baja al acceso sur, presentando un tránsito vehicular fluido y eficiente.
Velocidad de punto	Las velocidades de punto en ambos sub tramos son las más bajas en comparación con los otros accesos. Aunque en el sub tramo 2 se observa una mejoría, esta sigue siendo baja.	Este acceso es el que presenta las velocidades más altas en ambos sub tramos, como también en comparación con los otros accesos.	Este acceso presenta velocidades altas, similares o cercanas a las del acceso sur, pero superiores a las del acceso norte.
Señalización vertical	La señalización vertical en este acceso se encuentra en mal estado, ya que están muy desgastadas y algunas ya ni son visibles.	La señalización en este acceso se encuentra en buen estado, aunque algunas están en estado regular, la mayoría aún son claras y visibles.	En este acceso la señalización está en buen estado, ya que son visibles para los conductores.
Señalización horizontal	En este acceso la señalización se encuentra totalmente deteriorada, ya que es visible levemente es ciertas áreas.	la señalización está en un estado bueno a regular, ya que las demarcaciones son visibles, pero las tachas a lo largo del tramo están descastadas.	En este acceso la señalización esta algo desgastada y es poco visible en ciertas áreas, además las tachas están totalmente desgastadas a lo largo del tramo de estudio.

Fuente. Elaboración propia.

Continuación.

Parámetro	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Sur – Este
Estacionamiento	En este acceso no se presentan problemas de estacionamiento, ya que son muy pocos los vehículos que se estacionan a lo largo del tramo de estudio, siendo similar al acceso sur.	En este acceso al igual que en el acceso norte, la oferta supera la demanda, indicando que no existe problemas de estacionamiento.	Para este acceso si existe un problema de estacionamiento, debido a los vehículos pesados, porque la demanda supera la oferta, provocando que los vehículos pesados ocupen los cajones de los vehículos livianos.
Trasporte publico	En este acceso se presenta la mayor cantidad de líneas y empresas de transporte publico los cuales circulan por el tramo de estudio generando problemas en la fluidez vehicular.	Presenta menos empresas de transporte público a comparación del acceso norte y el acceso sur – este.	En este acceso existe una cantidad media del trasporte público en comparación del acceso norte y el acceso sur, lo que provoca problemas leves en la fluidez vehicular.

Fuente. Elaboración propia.

5.5. Propuestas de mejoras.

ACCESO NORTE.

- **Alternativa 1.**

Como propuesta para mejorar el flujo de tránsito vehicular en el acceso norte, se sugiere implementar restricciones específicas para vehículos pesados durante las horas pico. Estas restricciones podrían aplicarse en tres horarios: de 7:00 a 8:00 am, de 12:00 a 1:00 pm, y de 6:00 a 7:00 pm, el objetivo de esta medida es disminuir el congestionamiento vehicular en los momentos de mayor demanda, teniendo así un flujo vehicular más eficiente al reducir la presencia de vehículos pesados en dichos horarios. Esta estrategia permitiría optimizar el uso de la vía, beneficiando tanto a conductores de vehículos ligeros como al transporte público, y contribuyendo a una mayor fluidez en el acceso a la ciudad.

- **Alternativa 2.**

La creación de una nueva ruta que conecte la localidad de San Lorenzo con Tarija y se integre a la red fundamental lo que permitirá desviar el tránsito pesado que actualmente circula por el acceso norte. Esta alternativa reduciría significativamente la carga vehicular en el puente y el tramo existente, permitiendo que la infraestructura principal se enfoque en el tránsito de vehículos livianos.

Al disminuir la presencia de camiones y otros vehículos pesados, la circulación se volverá más estable y aumentará la velocidad promedio en la vía. Esta descongestión beneficiará a los usuarios que transitan por la zona y mejorará la seguridad vial, haciéndola más atractiva para turistas y conductores.

Además, al reducir la exposición de la infraestructura principal al tránsito pesado, se prolongará la vida útil de la calzada y se disminuirán los costos de mantenimiento a largo plazo, optimizando la inversión en infraestructura vial.

- **Alternativa 3.**

Otro problema identificado en esta zona es la alta concentración de líneas y empresas de transporte público que circulan por la misma vía, lo que contribuye a la congestión vehicular. Una posible solución sería modificar la ruta de los micros de las líneas A o B, desviando una de ellas a través del barrio Los Olivos, continuando por el barrio Paraíso hasta llegar al puente, y luego siguiendo la ruta hasta el puente de la urbanización San Miguel 2, donde finalmente se reincorporaría a su parada actual. Esta alternativa también podría ser adoptada por las empresas de minibuses que se dirigen a La Victoria y Coimata, mejorando la distribución del tráfico.

- **Alternativa 4.**

Asimismo, se propone modificar el recorrido de las empresas que se dirigen a San Lorenzo, Canasmoro, Lajas, Trancas y Cruce Corana, permitiéndoles ingresar por San Mateo hasta el cruce de Sella, donde podrían retomar su ruta habitual. Esta reestructuración contribuiría a una mejor distribución del flujo vehicular, reduciendo la carga sobre la vía actual y optimizando la movilidad en la zona.

- **Alternativa 5.**

Mediante el inventario de la señalización vertical y horizontal, se identificó un estado de deterioro general en gran parte de la misma. Como solución, se propone realizar una renovación de toda la señalización, tanto vertical como horizontal, con el objetivo de mejorar la seguridad para conductores y peatones.

Esto implica la instalación de nuevas señales que sean claramente visibles y reflejantes, así como la repavimentación de la carretera ya que en ciertas áreas del tramo de estudio se pueden apreciar irregularidades en la calzada, y finalmente el pintado y colocado de señalización horizontal. Con estas mejoras, se optimizará la orientación y el flujo vehicular, se reducirán los riesgos de accidentes, y se facilitará la circulación de manera segura y ordenada en el acceso.

ACCESO SUR.

- **Alternativa 1.**

Una de las principales deficiencias observadas en este acceso es el deterioro de la señalización horizontal. Como solución, se propone realizar una renovación completa de esta señalización mediante el repintado de todas las líneas y marcas viales, para que sean más visibles tanto de día como de noche. Adicionalmente, se recomienda la instalación de nuevas tachas reflectantes, ya que las existentes presentan un nivel significativo de desgaste. Estas tachas mejorarán la visibilidad en condiciones de poca luz y ofrecerán una guía más clara para los conductores, lo que contribuirá a reducir riesgos y mejorar la seguridad en este tramo.

ACCESO SUR – ESTE.

- **Alternativa 1.**

En este acceso se identificó un problema de estacionamiento debido a la presencia de un surtidor, ya que los vehículos pesados permanecen detenidos por largos períodos de tiempo. Como solución, se propone habilitar un área de estacionamiento exclusiva para estos vehículos, aprovechando un terreno disponible junto al surtidor. Esto contribuiría a reducir el estacionamiento sobre la vía.

- **Alternativa 2.**

En este acceso también se observa un notable desgaste en la señalización horizontal, lo cual afecta la visibilidad y seguridad en la vía. Como solución, se propone realizar un repintado completo de todas las marcas viales, con el objetivo de ofrecer una mayor claridad y seguridad para conductores y peatones. Además, de la instalación de nuevas tachas reflectantes, las cuales brindarán una guía visual adicional, especialmente útil en condiciones de baja iluminación. Estas mejoras permitirán una circulación más segura y ordenada, contribuyendo a reducir el riesgo de accidentes en este tramo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones.

- En este trabajo se cumplió satisfactoriamente con el objetivo general, logrando estudiar los tres accesos principales a la ciudad de Tarija, lo cual permitió comprender como opera actualmente el tránsito vehicular en cada acceso, de igual manera se cumplió cada uno de los objetivos específicos, logrando identificar las zonas de mayor congestionamiento, lo cual permitió la recolección de datos necesarios para llevar a cabo el cálculo de la capacidad vial y el nivel de servicio, como también para el estudio de velocidades, así mismo se realizó el inventario vial de señalización vertical y horizontal, como también el estudio de estacionamiento todo esto permitiendo alcanzar el objetivo general.
- Se formulo una hipótesis inicial la cual fue sometida a prueba mediante el método ANOVA, llegando a la conclusión de que la hipótesis nula es rechazada, por lo tanto, la hipótesis de investigación es aceptada ya que la realización del estudio de tráfico, si revelo la situación actual del tránsito vehicular en los tres accesos principales a la ciudad de Tarija, como también las diferencias existentes en cada uno de ellos, esto es respaldado con los resultados obtenidos de cada parámetro estudiado.
- El acceso norte es el más conflictivo de los tres, ya que presenta un nivel de servicio E, operando muy cerca de su capacidad, a diferencia de los otros dos accesos, que mantienen un nivel de servicio B.

  En este acceso se registran velocidades bajas debido a la alta circulación diaria de vehículos livianos, especialmente en horas pico, cuando el flujo vehicular se incrementa por la presencia de un colegio en la zona de estudio.

  Además, este tramo es utilizado por vehículos pesados que ingresan y salen de la ciudad para transportar mercadería, materiales de construcción y otros productos hacia distintas regiones del norte del país. Otro factor que contribuye al congestionamiento es la elevada presencia de transporte público, cuyas frecuentes paradas para recoger y dejar pasajeros generan interrupciones en el flujo vehicular.

Todos estos elementos combinados provocan una disminución en la velocidad de circulación, afectando la eficiencia y fluidez del tránsito vehicular en este acceso llegando a provocar congestionamiento en las horas pico.

- El acceso sur es el que opera con mayor eficiencia en comparación con los otros dos accesos analizados, ya que su capacidad vial es superior al volumen máximo de tránsito registrado en el tramo de estudio. Además, es el tramo donde se han registrado las velocidades más altas, lo que indica un tránsito vehicular más fluido y eficiente.

  Este acceso no presenta problemas de estacionamiento ni restricciones significativas en la circulación, ya que cuenta con una calzada amplia que facilita el desplazamiento de los vehículos. Asimismo, no se evidencian problemas de congestionamiento ni otros factores que afecten significativamente la movilidad en la zona, lo que permite mantener un nivel de servicio favorable y una circulación vehicular óptima.
- El acceso sur – este también opera de manera eficiente, con un desempeño superior al del acceso norte, pero ligeramente inferior al del acceso sur. Este tramo cuenta con una capacidad mayor al volumen máximo de tránsito registrado y mantiene un nivel de servicio B, lo que indica un flujo vehicular relativamente estable.

  Sin embargo, un problema identificado en este acceso es la presencia de vehículos pesados estacionados a lo largo del tramo de estudio. Esto se debe a que varios conductores dejan sus camiones detenidos mientras esperan para abastecerse de diésel o gasolina, lo que provoca extensas filas y puede impactar la fluidez del tránsito en determinados momentos del día.
- El inventario de señalización vertical y horizontal realizado en los accesos permitió identificar que, en el acceso norte, ambas se encuentran deterioradas, lo que representa un riesgo tanto para conductores como para peatones, ya que la mayoría de la señalización son poco visibles.

  Mientras tanto, la señalización vertical en los accesos sur y sur - este se encuentra en buen estado. Sin embargo, la señalización horizontal presenta signos de desgaste. Dado que en estos tramos la velocidad de recorrido es alta, la falta de señalización visible, especialmente durante la noche, puede representar un riesgo significativo debido a la visibilidad reducida.

6.2. Recomendaciones.

- Llevar a cabo un mantenimiento regular de la señalización vertical y horizontal en cada tramo, ya que esta es fundamental para la seguridad vial y la organización del tránsito vehicular. Para lograrlo, se sugiere implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas y la renovación de la señalización cada cierto tiempo, con el fin de evitar su desgaste y asegurar su óptima visibilidad y efectividad.
- Se recomienda la implementación de un sistema de monitoreo continuo del tránsito vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija, utilizando cámaras de vigilancia. Este sistema permitirá la recopilación de datos en tiempo real sobre el comportamiento del flujo vehicular, proporcionando información precisa sobre el mismo, puntos críticos de congestión y posibles incidencias. Con estos datos, las autoridades podrán tomar decisiones informadas de manera rápida y eficaz, permitiendo la implementación de ajustes en tiempo real para optimizar la circulación y mejorar la gestión del tráfico en las principales vías de acceso a la ciudad.
- Implementar restricciones al tránsito de vehículos pesados en el acceso norte a la ciudad de Tarija podría ser una solución efectiva para reducir el congestionamiento vehicular en esta zona, la cual es actualmente la más conflictiva. Aunque se está construyendo un puente alternativo que contribuirá a mejorar el flujo vehicular, la restricción de vehículos pesados en este acceso serviría como una medida provisional hasta la finalización de la obra. Esta estrategia permitiría reducir los problemas de congestionamiento, especialmente en las horas pico, y mejorar la experiencia de movilidad para los demás usuarios de la vía a corto plazo.
- Con la realización de este estudio se obtuvo una base de referencia actualizada sobre el funcionamiento del tránsito vehicular en los principales accesos a la ciudad de Tarija, pertenecientes a la Red Fundamental. Este trabajo aporta información sobre la capacidad vial, nivel de servicio, velocidades de circulación, condiciones de estacionamiento y estado de la señalización horizontal y vertical. Los resultados permiten identificar las necesidades, problemas y condiciones actuales en cada uno de los accesos, lo que facilita la toma de decisiones para mejorar la fluidez del tránsito vehicular, la seguridad vial y la planificación en futuras intervenciones.