

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La congestión del tráfico, los tiempos de viaje prolongados y la seguridad vial son cuestiones que han capturado la atención de residentes, autoridades locales y expertos en planificación urbana por igual. A medida que las calles del casco viejo de la ciudad se llenan de automóviles, tanto privados como públicos, surge la necesidad de comprender y abordar estos desafíos de manera eficiente y sostenible.

Se analizó la situación del tráfico en las diferentes intersecciones (o puntos más conflictivos) donde los objetivos básicos del presente estudio son obtención, depuración y análisis de datos de aforos volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio y semaforización. "Simulación y Análisis del Flujo Vehicular de la Influencia del Transporte en el Casco viejo de la Ciudad de Tarija Aplicando el Software VISSIM" se propone como un estudio exhaustivo que busca no solo identificar los problemas de tráfico en los puntos críticos de la ciudad, sino también brindar recomendaciones concretas que puedan marcar la diferencia en la calidad de vida de sus residentes y en la eficiencia del flujo vehicular de los automóviles. A través de la simulación, es posible analizar una variedad de escenarios y estrategias, lo que proporciona una visión integral de cómo el transporte y la infraestructura vial influyen en la vida cotidiana de la ciudad.

Se propone como un esfuerzo multidisciplinario que integra la ingeniería de tráfico, la planificación urbana y la tecnología de simulación para abordar uno de los desafíos más apremiantes en el desarrollo de Tarija. Haciendo hincapié a la implementación de soluciones efectivas. El resultado final no solo contribuirá al conocimiento en el campo de la ingeniería de tráfico, sino que también brindará recomendaciones prácticas que pueden tener un impacto positivo en la vida de los ciudadanos de Tarija.

1.2. Justificación

El Casco Viejo de la ciudad de Tarija, al ser una zona con un alto valor histórico, cultural y turístico, enfrenta desafíos significativos en términos de gestión del tráfico y movilidad. La congestión vehicular, los tiempos de viaje prolongados y los problemas de seguridad vial son preocupaciones importantes que afectan tanto a los residentes locales como a los visitantes.

El estudio del flujo vehicular en el Casco Viejo es crucial para comprender y abordar los problemas de congestión y movilidad en esta área histórica, la aplicación de herramientas de simulación, como VISSIM, permite realizar análisis detallados y predictivos del comportamiento del tráfico, lo que facilita la identificación de soluciones efectivas para mejorar la circulación vehicular y peatonal.

VISSIM es una herramienta de simulación de tráfico ampliamente utilizada y reconocida por su capacidad para modelar de manera precisa y realista el flujo de vehículos en entornos urbanos y viales, lo cual ayudara a comprender mejor este estudio.

Con estas consideraciones y al no existir ningún tipo de estudio anterior similar al presente se ha planteado la elaboración del presente trabajo “SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR EN EL CASCO VIEJO DE LA CIUDAD DE TARIJA APLICANDO EL SOFTWARE VISSIM”, con la finalidad de dotar de los mecanismos de la que se dispone la ingeniería de tráfico para que a través de los mismos se den las alternativas de solución para su problema de tráfico. Los resultados de este proyecto proporcionarán información clave para el diseño e implementación de medidas de control de tráfico y mejoras en la infraestructura vial del Casco Viejo, se espera que las recomendaciones derivadas de este estudio contribuyan a la reducción de la congestión, para mejorar la circulación y la calidad de vida en el Casco Viejo.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Situación Problemática

El transporte urbano es un componente esencial de la vida en ciudades en crecimiento, y el flujo vehicular en la ciudad de Tarija, es un asunto de creciente preocupación debido a los desafíos relacionados con la congestión, la seguridad vial y la eficiencia del sistema de transporte. A medida que la ciudad experimenta un aumento en la población y la urbanización, la demanda de transporte en la ciudad también ha aumentado, lo que ha llevado a problemas de tráfico que afectan negativamente la calidad de vida de los residentes.

A pesar de la necesidad de abordar estos problemas de tráfico, la toma de decisiones basada en datos y el análisis de la situación actual son limitados. El análisis convencional

del tráfico, que se basa en datos de campo y observaciones directas, puede no proporcionar una comprensión completa de las dinámicas del tráfico y las soluciones efectivas para las calles de los puntos críticos del casco viejo de la ciudad de Tarija.

Este problema requiere un enfoque integral que permita evaluar y analizar el impacto de las intervenciones en el tráfico en un entorno urbano complejo como el casco viejo de la ciudad de Tarija.

La aplicación de tecnologías y herramientas avanzadas, como el software de simulación de tráfico VISSIM, para modelar el flujo vehicular. Además, será necesario considerar estrategias de transporte público, gestión de estacionamientos, señalización vial y otros factores relacionados con la movilidad urbana.

El propósito de este proyecto es abordar el problema del flujo vehicular en el casco viejo de la ciudad de Tarija a través de un enfoque basado en datos y cálculos para así ser llevado a simulaciones, con el objetivo de proporcionar recomendaciones para mejorar la eficiencia y la seguridad del transporte en esta área urbana crítica.

1.3.2. Problema

De acuerdo al contexto anterior, el problema de investigación se plantea en los siguientes términos.

¿Qué medidas correctivas y preventivas se pueden tomar para mejorar la eficiencia y la seguridad del tráfico en el caso viejo de la ciudad de Tarija?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar el flujo vehicular del casco viejo de la ciudad, identificando los puntos críticos de congestión, para mejorar la efectividad del control de tráfico, proponiendo soluciones optimas con la ayuda de cálculos y la visualización de simulaciones en el software de simulación de tráfico VISSIM.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar las intersecciones conflictivas que serán analizadas en el área de estudio.
- Realizar los aforos correspondientes para determinar las horas pico.
- Realizar aforos de volúmenes y tiempos en las diferentes intersecciones donde exista mayor flujo vehicular.
- Determinar capacidades y niveles de servicio en cada intersección de acuerdo a criterios ya existentes.
- Realizar el análisis de los resultados obtenidos de cada intersección con mayor conflicto.
- Configurar y calibrar un modelo de simulación en VISSIM que refleje visualmente las condiciones de tráfico en los puntos críticos del casco viejo de Tarija.
- Realizar simulaciones de flujo vehicular, para comprender visualmente las dinámicas del tráfico.
- Proponer alternativas ante los problemas de tráfico vehicular en las diferentes intersecciones.

Hipótesis:

“El estudio y análisis del tráfico en el casco viejo de la ciudad de Tarija permitirá analizar, evaluar y proponer soluciones efectivas para mejorar la congestión de tráfico y la movilidad urbana asimismo con la ayuda de la herramienta VISSIM se podrá hacer una simulación de los resultados obtenidos”

Definición de variables independientes y dependientes:

Variables Dependientes:

Flujo Vehicular. - El número de vehículos que pasan por una ubicación específica en el casco viejo de la ciudad de Tarija en un período de tiempo determinado. Esto es una medida del tráfico en esa área.

Congestión de tráfico y movilidad urbana: Representa el nivel de congestión y la eficiencia del flujo de tráfico en el casco viejo de la ciudad de Tarija.

Variables Independientes:

Velocidad del Tráfico: La velocidad promedio de los vehículos en el área de estudio. Puede ser una medida importante para evaluar la eficiencia del tráfico y la congestión.

Planificación de Transporte: Esto incluiría decisiones y políticas relacionadas con el transporte, como cambios en la infraestructura vial, la implementación de carriles exclusivos para ciertos tipos de vehículos o el acceso restringido a ciertas áreas.

Factores Geográficos: La topografía, la disposición de las calles, la ubicación de los principales destinos y otros factores geográficos que podrían influir en el flujo vehicular.

Volúmenes: La cantidad de vehículos que entran al casco viejo de la ciudad

Señalizaciones: Influye en el comportamiento de los conductores y en la gestión del tráfico

1.5. Alcance de la investigación

El estudio se enfocará en comprender el flujo vehicular en el Casco Viejo de Tarija, realizando un análisis de los resultados obtenidos para proporcionar información valiosa, para la toma de decisiones en esta área urbana histórica. La investigación se centrará en el Casco Viejo de la Ciudad de Tarija, un área histórica en el centro de la ciudad. Esta área se delimitará geográficamente para establecer los límites precisos del estudio

El estudio se enfocará en comprender la movilidad, la eficiencia del tráfico y la seguridad vial en esta área, la investigación implicará la recopilación de datos de tráfico, así como

Tomando en cuenta los parámetros de tráfico en cada intersección se realiza la recolección de datos como ser el volumen y las velocidades con las que circulan los vehículos teniendo en cuenta los giros que existen en cada acceso, para así poder realizar el procesamiento de datos y a su vez la micro simulación usando la herramienta Vissim para poder visualizar el comportamiento tanto del tráfico, como de semáforos ya existentes y poder llegar a posibles alternativas de solución para reducir el congestionamiento vehicular y obtener conclusiones y recomendaciones del estudio.

La configuración de parámetros en VISSIM para que el modelo sea lo más preciso posible, se llevarán a cabo aforos para calibrar y validar el modelo. Se analizarán y representarán los resultados obtenidos a través del procesamiento de datos, lo que incluirá la evaluación de la movilidad, la congestión, la seguridad y otros aspectos relevantes del tráfico en el Casco Viejo.

La investigación concluirá con un resumen de los hallazgos y la presentación de recomendaciones para mejorar la movilidad y la gestión del tráfico en el área de análisis, los resultados y las recomendaciones se presentarán considerando su aplicabilidad a la planificación urbana y la gestión del tráfico en el Casco Viejo de Tarija.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Fundamentos de la Ingeniería de Tráfico

2.1.1. Definición

Se define a la Ingeniería de Tráfico como:

“La rama de la Ingeniería que trata del planeamiento, trazado y funcionamiento de las calles y carreteras, así como de los aparcamientos, terrenos colindantes y zonas de influencia y de su relación con otros medios de transporte. Su objetivo es que el movimiento de personas y mercancías, se realice de la forma más segura, eficaz y cómoda”.

De forma más concreta la Ingeniería de Tráfico tiene por objetivo obtener la información, analizar y plantear soluciones sobre la problemática del transporte tomando en cuenta a todos los elementos que intervienen.

Esta definición recoge bien todos los campos que competen a la Ingeniería de Tráfico, desde las soluciones de pequeños problemas locales, hasta la elaboración de complejos planes de transportes y ha sido aceptada universalmente.

La Ingeniería de Tráfico es una técnica nueva que se inicia en el segundo tercio del siglo XX, y la cual surgió como consecuencia de nuevas necesidades para el bienestar del hombre, es una nueva ciencia que todavía está en pleno desarrollo y es posible que se den cambios en ella, pero, su objetivo está perfectamente definido.

Ingeniería de tráfico:

Para que una solución este sustentada por los efectos y causas del problema es necesario realizar un estudio cuya ciencia es la encargada de ingeniería de tráfico. Ciencia que presentara la metodología para realizar las mediciones en campo. Toda esta información ingenieril permitirá un análisis sustentado cuya solución tenga resultado.

2.1.2. Elementos de la ingeniería de tráfico

Los elementos fundamentales del tráfico son tres que son: el usuario, el vehículo y camino o vía, de acuerdo a la bibliografía consultada, se tratará de explicar cada uno de estos elementos fundamentales del tráfico:

El Usuario

El elemento Usuario es aquel que corresponde a los conductores y peatones los cuales son elementos primordiales del tránsito por las calles y carreteras, quienes deben ser atendidos, y el comportamiento del individuo en el tránsito es uno de los factores que establece sus características.

El Conductor

Es uno de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico ya que es un elemento que incide directamente en el funcionamiento del tráfico.

Se define como conductor al usuario del automóvil que circula en el tráfico y éste tiene influencia directa en el movimiento y circulación del tráfico vehicular. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

El Peatón

Es uno de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico sobre todo en las ciudades por ser un elemento que incide dentro del funcionamiento del tráfico.

Se define como peatón a la población en general, el comportamiento de los peatones es poco predecible e indisciplinado respecto a las normas de circulación del flujo vehicular lo que conlleva a que se produzcan accidentes de tráfico. Cuanto mayor es la población, mayor incidencia tiene el elemento peatón en el problema de tráfico, siendo importante definir en la etapa de análisis cuáles son los puntos críticos relacionados con el usuario peatón y cuál la magnitud de los problemas existentes.

Es importante en el usuario peatón establecer sus áreas de circulación y éstos son básicamente las áreas peatonales, cuya posición es paralela a la calzada a los costados de las mismas en anchos que pueden fluctuar entre 1 a 3,5 m. de ancho, la cual está en función del volumen peatonal. Otra de las áreas que están destinadas a la circulación peatonal son los cruces de peatones en las intersecciones de las calles para circular transversalmente a la circulación vehicular.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico en el área urbana y no así en carreteras donde su incidencia es casi mínima.

De acuerdo a estudios realizados se ha visto una gran necesidad de incidir en la educación vial orientada al mejor comportamiento de las normas y reglamentaciones vigentes para que a través de ellos se pueda aminorar los accidentes donde la causa sean los peatones.

2.1.3. Organización de la Ingeniería de Trafico:

- Planificación de tráfico y transporte.
- Señalización y regulación semafórica.
- Dirección e ingeniería de tráfico.
- Evaluación y asesoramiento del impacto de tráfico.
- Simulación y modelamiento de transporte.
- Planes de transporte público.
- Política y planificación de aparcamientos.
- Proyectos de peatonalización y ciclo rutas.
- Sistemas de transporte inteligente
- Seguridad vial.
- Análisis financiero y económico de transporte.
- Encuestas e investigación de transporte

2.1.4. Clasificación y características del vehículo de proyecto

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Los vehículos se clasifican en 2:

- Vehículos ligeros o livianos.
- Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

- Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.
- Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.
- Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sean ocasionales.

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

- Terminales de pasajeros y de cargas.
- Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.2. Definición de Punto crítico

Un punto crítico en ingeniería de tráfico se refiere a una ubicación específica dentro de una red vial que presenta un desempeño inadecuado en términos de seguridad, capacidad o fluidez del tráfico, y que requiere intervención debido a sus efectos adversos. Este concepto se utiliza para señalar áreas donde el flujo vehicular o peatonal es particularmente problemático o riesgoso. Existen diferentes tipos de puntos críticos según los problemas observados:

Puntos críticos de capacidad: Son aquellos lugares donde la demanda de tráfico excede la capacidad de la vía o intersección, causando congestión y retrasos significativos. Estos puntos suelen encontrarse en intersecciones mal diseñadas, tramos con señalización inadecuada, o áreas con geometría vial insuficiente para el volumen de tráfico.

Puntos críticos de seguridad: Son ubicaciones donde se han registrado una cantidad elevada de accidentes, particularmente aquellos que son graves o mortales. Estos puntos se pueden identificar a través de análisis de siniestralidad (por ejemplo, a través de los mapas de accidentes) y están asociados con factores como la falta de visibilidad, diseño

inadecuado, o condiciones peligrosas de la vía (curvas cerradas, cambios abruptos de carril, etc.).

Puntos críticos de velocidad: En algunos casos, la velocidad promedio de los vehículos en un determinado tramo es un indicador crítico. Zonas donde los conductores tienden a exceder los límites de velocidad o donde la velocidad es inconsistente pueden generar situaciones de riesgo, lo que convierte a esos lugares en puntos críticos.

Puntos críticos de flujo de tráfico: Son lugares donde se produce un cuello de botella debido a la congestión. Estos pueden ser causados por una inadecuada distribución de los carriles, cruces peatonales mal ubicados, o interferencia entre distintos tipos de tráfico (vehículos, bicicletas, peatones).

Ejemplos de puntos críticos:

Intersecciones con altos índices de accidentes: Un cruce donde los vehículos frecuentemente se ven involucrados en colisiones, especialmente en intersecciones complejas o mal señalizadas.

Carriles de entrada o salida de autopistas con altos niveles de congestión: Áreas donde las rampas de acceso y salida son insuficientes para manejar el volumen de tráfico.

Curvas peligrosas o mal diseñadas: Zonas de la carretera con geometría inadecuada (por ejemplo, radios de curvatura muy pequeños) que dificultan la circulación o aumentan el riesgo de accidentes.

La identificación y análisis de estos puntos críticos son fundamentales para priorizar las intervenciones de mejora, como rediseños geométricos, medidas de control de tráfico (como semáforos o señales), o campañas de concienciación para reducir accidentes.

2.3. Parámetros Fundamentales

2.3.1. Volumen e Intensidad

Volumen. - El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el Volumen de Tráfico Diario (T. D.).
- Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el Volumen de Tráfico Anual (TA.).
- El tráfico anual (TA.) y el tráfico diario (TD.) están relacionados a la factibilidad y la estadística técnico-económica.
- Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el Volumen de tráfico Horario (TH.).

El Tráfico Horario está estrechamente ligado a la determinación de número de carriles, el ancho de plataforma y algunas características geométricas en el alineamiento horizontal y vertical de carreteras.

El Tráfico Promedio Diario (TPD), sirve para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

El TPD, en general, es representativo de los volúmenes vehiculares en determinada época del año. El período de conteo, debe ser superior a tres y menor a treinta días.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 hrs. al día durante y los 365 días del año.

Los volúmenes de tráfico (TPDA) y (TPD), sirven para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

Intensidad. - Es el dato básico para la realización de cualquier estudio de planeamiento y explotación de redes varias, la intensidad de circulación. Para conocerla es necesaria contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación puede realizarse manualmente o por medio de aparatos especiales y puede hacerse clasificando más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan.

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos / Hora

y vehículos / día. Cuando se emplea como unidad los vehículos / hora se habla de intensidad horaria, y cuando se utilizan los vehículos / día se habla de la intensidad diaria.

La intensidad es la característica más importante de la circulación vial ya que las demás pueden relacionarse con ella más o menos fácilmente.

Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o automáticamente utilizando aparatos contadores. Estos aforos se realizan durante periodos más o menos largos, y se obtiene así un registro de los valores de la intensidad durante dichos periodos.

La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Como valor representativo de la misma durante el periodo de medida, se suele adoptar la intensidad diaria (u horaria si el periodo de medida es menor a un día) media de todas las registradas. Generalmente el periodo de aforo se extiende durante un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras, y se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido entre 365.

2.3.2. Velocidad

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte. En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniforme la velocidad deseada. Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para lo que, diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

2.3.3. Densidad

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede medir, por ejemplo, obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él. Pero realmente esta magnitud rara vez se mide, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad o intensidad.

Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están en fila, sin huecos entre ellos. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles. En estas condiciones los vehículos están parados, ya que le resultaría imposible moverse, incluso a pequeña velocidad, sin golpearse unos a otros.

Se ha comprobado que la libertad de maniobra y separación de estos vehículos son altamente valores por los conductores en relación con la calidad de servicio de circulación.

La distancia entre dos vehículos (d) sumada a la longitud del vehículo (L) es el intervalo espacial o espaciamiento (s) $S=d(\text{intervalo hueco})+ L(\text{vehículo})$

Esta variable tiene un valor medio o espaciamiento medio S_o cuya inversa es por definición la densidad: $D= 1/S_o$

Consecuentemente la densidad es una variable que explica directamente la valoración que hacen las condiciones de la calidad de la circulación, de ahí el interés en utilizar esta variable.

2.3.4. Capacidad Vial

Se define como capacidad a una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo normalmente de una hora para unas condiciones particulares de la vía y del tráfico. Dicho de otra forma, es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

2.3.5. Nivel de servicio

El cálculo de la capacidad de una vía, así como de su nivel de servicio, ofrece algunas diferencias dependiendo de la metodología empleada, por ello, se presenta inicialmente lo concerniente al “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles” del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) y posteriormente al “Manual de Capacidad Vial 2000” del Consejo de Investigaciones del Transporte de los Estados Unidos (TRB por su sigla en inglés).

La capacidad depende de las soluciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas, condición del pavimento, etc.) y las del tráfico (especialmente su composición y circulación). Además, habrá que tener en cuenta las regulaciones de la circulación que existan (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamientos, etc.) y que influirán sobre el tráfico.

En este sentido, la capacidad de una sección de una carretera podrá alcanzar un valor máximo cuando sus propias condiciones y las del tráfico sean óptimas, lo que corresponde a una capacidad en condiciones ideales.

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía:

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves y otros.
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que si son cuantificables: la velocidad de servicio y el índice de servicio.

a) Velocidad de servicio: Se define como la mayor velocidad media de recorrido que puede conseguir un conductor que circule por un tramo de carretera en buenas condiciones meteorológicas y bajo unas determinadas condiciones de tráfico. estadísticamente, es aquella que solo supera el 5% de los vehículos.

b) Índice de servicio: Relación ente intensidad de tráfico y la capacidad de la vía.

Dado un determinado nivel de servicio, se define intensidad de servicio como la máxima posible para que se mantenga un determinado nivel de servicio. Caso de superarse, se entraría en un nivel de servicio más bajo.

Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión de a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

Vías interrumpidas: Las vías interrumpidas so aquellos que, por la presencia de flujos transversales al flujo principal, son interrumpidas en forma periódica, en este caso están todas las vías urbanas, porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadriculado, con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que permite un flujo transversal al flujo principal.

Vías ininterrumpidas: Se consideran vías ininterrumpidas aquellas que dentro de su trazo por el cual circula el flujo vehicular no tienen interrupciones y si los hay son en escasa continuidad con relación a la longitud de recorrido en este tipo de vías están consideradas las autopistas, las carreteras multi carril y las carreteras de dos carriles.

De estas solo estudiaremos la capacidad vehicular de dos carriles porque el 98% de la red del país son este tipo de carreteras sin embargo las metodologías para el cálculo de capacidad son diferentes para cada una de ellas.

El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

- Determinación de la capacidad teórica o ideal.
- Determinación de la capacidad practica o posible.
- Determinación de la capacidad real.

a) Capacidad teórica

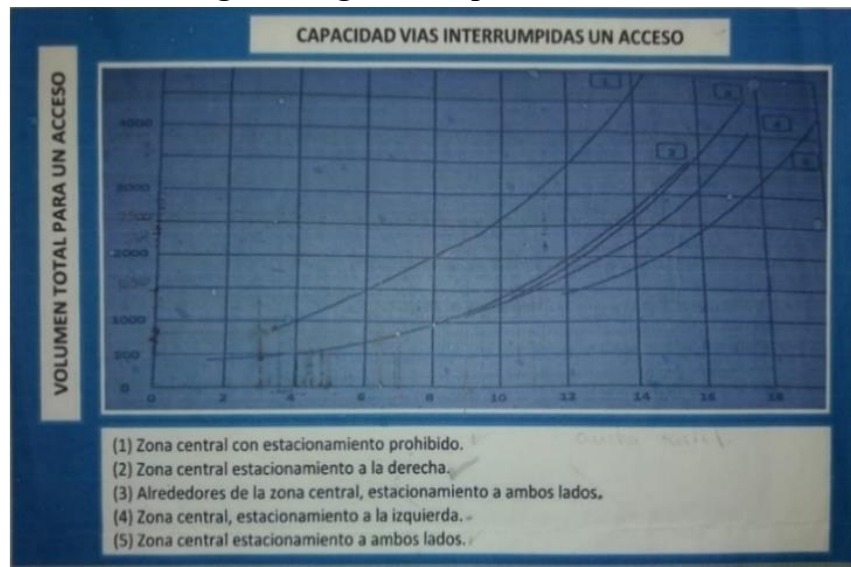
Se ha establecido a partir de varios estudios que se han desarrollado en varios tipos de intersecciones tomando en cuenta dos factores esenciales: el ancho del acceso y las características funcionales.

El ancho de acceso Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener un nuevo acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

Características funcionales Están básicamente la posibilidad de estacionamiento en los accesos y la ubicación de la intersección en el entorno del trazo urbano.

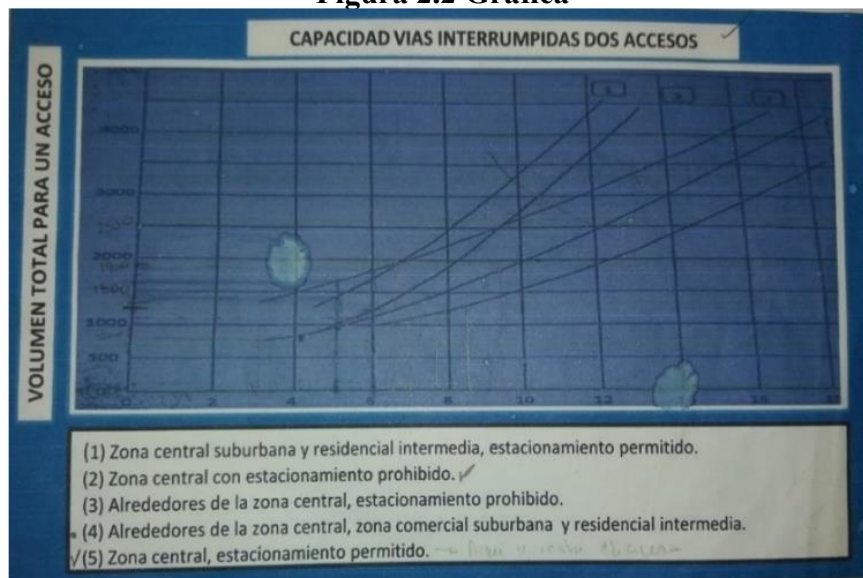
Es decir, si está en zona central, intermedia o periférica. Tomando estos dos factores se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Figura 2.1 grafica capacidad teórica



Fuente: Manual de capacidad de carreteras (versión española)

Figura 2.2 Grafica



Fuente: Manual de capacidad de carreteras (versión española)

b) Capacidad practica o posible

Se ha visto que la capacidad teórica puede tener variabilidad en el tiempo debido a otros factores o variables como las variaciones de flujo o volúmenes, variaciones de las condiciones de los accesos a los días meses o épocas del año, motivo por cual por

seguridad sea establecido que hay una capacidad practica o posible que es igual al 10% menos de la capacidad teórica.

Es decir, para tener la capacidad practica se debe multiplicar un factor de 0,9 a la capacidad teórica.

$$\text{Cap. practica} = \text{Cap. teórica} * 0,9$$

c) Capacidad real

Las condiciones particulares de cada acceso hacen que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores de reducción que está dada por una metodología ya establecida.

Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierdos, giros derechos, paradas antes o después de la intersección, estacionamientos, etc.

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y estos son:

- Giros
- Estacionamiento
- Veh. Pesados
- Paradas antes y después de la intersección.

Una vez determinada la capacidad real y teniendo el volumen del acceso se calcula la relación Vol./capacidad.

Se define capacidad en vías interrumpidas la cantidad máxima de vehículos que circulan por las calles o lugares críticos en las calles como intersecciones en un determinado tiempo normalmente de 1 hora. A diferencia de la capacidad que tienen las carreteras, en las calles existen otras condiciones diferentes de circulación de volumen de tráfico, de maniobras de interrupciones, de flujo peatonal, etc.

Estas condiciones hacen que la capacidad en las calles sea diferente a la capacidad en carreteras.

La metodología que sigue para determinar los factores reducción son las siguientes:

Por giros

Sustraer 0,5 % por cada 1 % en el que el tráfico gira a la derecha, pasa del 10% el transito total.

Sustraer el 1 % por cada 1 % en el que el transito gira a la izquierda pasa del 10 % del tránsito total. La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20 % del tránsito total.

Por paradas

Paradas de ómnibus antes de la intersección restar el 10 % por paradas después de la intersección restas el 5 % en zonas centrales y 10 % en zonas intermedias.

Por estacionamientos

Permitidos restar 1,80 m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recalcado de la capacidad teórica.

Por vehículos pesados

Sustraer el 1 % por cada 1 % de los ómnibus y camiones pasen del 10 % de número total. Por lo tanto, la capacidad real será el producto de la capacidad practica multiplicada por el factor de paradas y factor de estacionamientos y por el factor de vehículos pesados. La capacidad de intersección puede tener de dos o más accesos también tendrán capacidades diferentes de cada acceso. Se considera como capacidad de la intersección a la capacidad más baja. Con estas condiciones la capacidad real es igual a la siguiente relación:

$$\text{Cap. real} = \text{Capa.práctica} * \text{Fvp} * \text{fai} * \text{fdi} * \text{fgi} * \text{fgd}$$

Donde:

Fvp = Factor de vehículos pesados

Fai = Factor por paradas antes de la intersección

Fdi = Factor por paradas después de la intersección

Fgi = Factor por giro izquierdo

Fgd = Factor por giro derecho

2.3.6. Determinación del nivel de servicio

Para la determinación del nivel de servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección y la capacidad de dicha intersección, esta relación es conocida como el factor $>$ de carga. Con este valor entramos a la tabla y determinamos a qué nivel de servicio corresponde.

Niveles de servicio y volúmenes		
V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito
$> 0,1$	A	Flujo estable
$> 0,3$	B	Flujo estable
$> 0,5$	C	Próximo al flujo inestable
$> 0,7$	D	Próximo al flujo inestable
$> 0,9$	E	Flujo inestable
> 1	F	Flujo forzado

Fuente: Manual de diseño geométrico

2.3.7. Nivel de servicio según INVIAS

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas

condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

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.

Figura 2.3. Nivel de servicio A



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

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.

Figura 2.4. Nivel de servicio B



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

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 o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

Figura 2.5. Nivel de servicio C



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

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.

Figura 2.6. Nivel de servicio D



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

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.

Figura 2.7. Nivel de servicio E



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

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 éstas 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.

Figura 2.8. Nivel de servicio F



Fuente: Manual de capacidad de carretas (versión española)

2.4. Semaforización

2.4.1. Definición y función de los semáforos

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el rojo, amarillo y verde.

Su función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

2.4.2. Elementos que componen un semáforo

Según el manual de señalización vial (9) un semáforo se compone de los siguientes elementos:

Cabeza

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo

Soportes

Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

Figura 2.9. Elementos de un semáforo



Fuente: Elaboración Propia

2.5. Clasificación

De acuerdo a su función operacional los semáforos pueden clasificarse en:

- Semáforos para circulación vehicular
- Semáforos para peatones
- Semáforos especiales.

2.6. Tipos de semáforos vehiculares y peatonales

Semáforos vehiculares

a) Al lado de la vía de tránsito:

- Postes entre 2.40 y 4.50 metros de alto.
- Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas)

b) Por encima y dentro de la vía de tránsito

- Postes o pedestales en islas.
- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.

c) Suspendidos mediante cables (Guayas).

- Los accesorios de fijación deben permitir ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable.

Número

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales donde estos sean requeridos, los cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas les permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque no de los semáforos sea obstruido momentáneamente por camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche.

Ubicación transversal

El semáforo con soporte del tipo poste se ubicará a 0.60 metros medidos de la orilla exterior de su parte más saliente coincida con el hombrillo del camino, fuera del acotamiento.

2.7. Determinación de Fases

En un sistema de semáforos el aspecto más relevante es la asignación de tiempo para las distintas fases que son:

- Fase roja.
- Fase amarilla.
- Fase verde.

Tiempo de fase amarilla

Como la fase amarilla requiere solo un tiempo para culminar la acción y es de carácter preventivo las diferentes investigaciones sobre comportamiento de semáforos han dado como resultado que a fase amarilla debe tener un tiempo entre 3 y 5 segundos que son suficientes para culminar una acción en medio de la intersección.

Tiempo de ciclo

Es aquel que se requiere para lograr una vuelta recorriendo todas las fases, existen diferentes criterios sin embargo no existen precisión para un valor exacto de ciclo, teniéndose un rango en el cual debe estar inmerso ante tiempo de 35 a 120 segundos, es posible también determinar aproximadamente un ciclo recomendable con las siguientes relaciones.

$$C = \frac{d}{3,6v} \text{ para 1 sentido}$$

$$C = \frac{d}{7,2v} \text{ para 2 sentidos}$$

Donde:

C = Ciclo (seg.)

d = Distancia entre semáforos (m)

V = Velocidad de circulación

Tiempo de Fase Verde y Roja

La determinación de los tiempos de fase verde y roja deben tomar en cuenta las siguientes variables

- El volumen de demanda vehicular
- La composición del tráfico
- El volumen de la demanda peatonal
- Los movimientos de giro

Tomando en consideración esos aspectos se tiene las siguientes relaciones que nos permiten calcular los tiempos de fase verde y fase roja

$$C = T_{amaA} + T_{amaB} + T_{fase VER} + T_{fase ROJ}$$

Donde:

$T_{ama A}$ = Tiempo de fase amarillo en A

$T_{ama B}$ = Tiempo de fase amarillo en B

$T_{fase Ver}$ = Tiempo de fase verde

$T_{Fase Roj}$ = Tiempo de fase roja

$$\frac{T_{amaB} * V_{olB}}{T_{fase\ Roj}} = \frac{T_{amaA} * V_{olA}}{T_{fase\ VER}}$$

Donde:

Vol B = Volumen de tráfico en B

Vol A = Volumen de tráfico en A

Coordinación de semáforos

- Coordinación alterna
- Coordinación progresiva

a) Coordinación alterna:

Este sistema consiste en colocar semáforos en forma alternada entre fases rojas y verdes. Este sistema logra una buena eficiencia siempre y cuando la velocidad este cerca a la obtenida por la siguiente relación:

$$V = 7,2 D/C$$

Donde:

D= Distancia entre intersecciones (m)

V= Velocidad de circulación (Km/h)

C= Tiempo de ciclo (seg)

Este sistema pierde su eficiencia si la distancia entre intersecciones es reducida por lo tanto se requerirá mayor velocidad que la de circulación y en definitiva podrá dar lugar a bastante pérdida de tiempo en espera de las fases verdes.

b) Coordinación progresiva

Este sistema intenta ser correlativo y proporcional a las distancias entre intersecciones, es decir, a mayor distancia entre intersecciones mayor tiempo de fase verde, este sistema es eficiente y cuando el volumen de circulación sea más o menos constante.

La coordinación de los semáforos se determina de la siguiente relación:

$$N = \frac{C}{T_{CRUCE}}$$

Donde:

N = Número de Semáforos que cruza a velocidad constante

C = Tiempo de Ciclo (seg)

T_{CRUCE} = Tiempo que tarda en llegar de un semáforo a otro semáforo

Si:

N > 2 el sistema será Progresivo

N < 2 el sistema será Alternativo

2.8. Señalización

2.8.1. Señales restrictivas

Se dividen en señales de advertencia y/o peligro, de restricción y prohibición e indican órdenes, limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Su cumplimiento es obligatorio e inexcusable. Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito y también para instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso, en el lugar en que estén ubicadas.

Existen dos formas para estas señales: circulares y triangulares (triángulo equilátero invertido). Sin embargo, hay algunas exclusivas, como la de "pare", cuya forma es un octágono regular de 75 cm entre sus lados paralelos, la señal de "ceda el paso" es un triángulo equilátero invertido de 80 cm de lado.

Las señales de reglamentación tienen un fondo de color blanco y franja roja. Cuando están atravesadas por una banda diagonal, prohíben. Cuando no, obligan o restringen. Las señales restrictivas están enmarcadas en placas rectangulares de fondo blanco de 60 cm. * 90 cm., excepto las señales de “pare” y “ceda el paso”.

Figura 2.10. Señalización



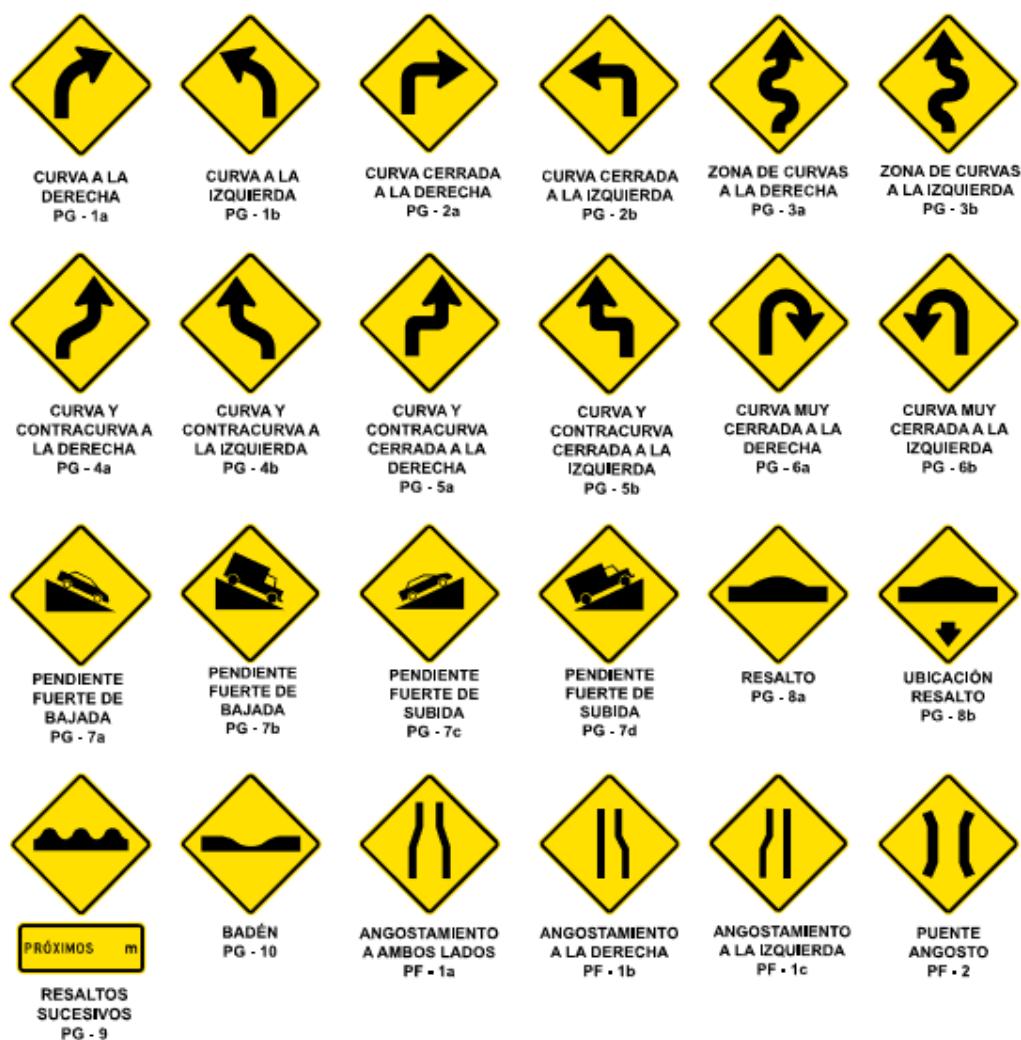
Fuente: Fuente propia

2.8.2. Señales preventivas

Avisan con antelación sobre la proximidad de una circunstancia o variación de las condiciones de la ruta, que puede resultar sorpresiva o peligrosa para el conductor o los peatones. No son de carácter obligatorio, pero es preciso dejarse guiar por su información para que no incurrir en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad.

También se les denomina señales genéricas de prevención y son romboidales, de color amarillo, con una línea negra perimetral y figura también negra. Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción.

Figura 2.11. Señales preventivas



Fuente: Fuente Propia

2.8.3. Señales informativas

Este tipo de señales verticales no transmiten órdenes ni previenen sobre irregularidades o riesgo en la vía pública y carecen de consecuencias jurídicas. Están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero. Se colocan al costado de la vía de circulación (verticales) en forma similar a las preventivas en zona rural.

La forma de estas señales por lo general es un rectángulo de posiciones y dimensiones variables. Cuentan con varios fondos. Por ejemplo, el fondo azul se utiliza para señales de carácter institucional, histórico y de servicios. El color blanco como fondo es el que se usa para señales educativas o para anuncios especiales.

Las señales informativas se clasifican en tres grupos que son:

- Señales de Identificación.
- Señales de Destino.
- Señales de Servicios.

Ubicación longitudinal de las señales

Las señales restrictivas se colocan antes del lugar donde empieza la prohibición o restricción, mínimo 60 metros.

Las señales preventivas se colocan de acuerdo a la velocidad directriz del camino.

Las distancias que se recomiendan son:

De 60 a 100 m. en caminos de velocidad baja hasta 60 Km/h.

De 100 a 150 m. en caminos de velocidad media, de 60 a 100 Km/h.

De 150 a 200 m. en caminos de velocidad alta, más de 100 Km/h.

Las señales informativas de servicio tienen las siguientes ubicaciones:

A 5 Km., a 1 Km., a 500m., a 250 m. y en el lugar donde se encuentra el servicio.

2.9. Señalización horizontal

2.9.1. Marcas en el pavimento

Las marcas son rayas, símbolos y letras pintadas sobre la superficie del pavimento y sobre obstáculos que sobresalen de la calzada; sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por calles y caminos. Estas marcas tienen la finalidad de indicar ciertos riesgos, peligros y prohibiciones, canalizar el tránsito y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

2.9.2. Clasificación

Las marcas son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- Rayas centrales
- Rayas limitadoras de la calzada
- Rayas separadoras de carriles
- Rayas de parada
- Rayas de cruces para peatones
- Marcas de estacionamiento permitido
- Marcas de estacionamiento prohibido
- Marcas indicadoras de peligro
- Postes delineadores.

2.9.3. Significado de formas y colores

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes: Prohibición, Indicación y Peligro. Las rayas de color amarillo pintadas sobre el pavimento en forma continua, significan una prohibición; ningún vehículo deberá rebasar o cruzar estas rayas. Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en

caso de adelantamiento o cambio de carril, debiendo abstenerse de rebasar o cruzar las rayas continuas, excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada, indicando una precaución. Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma oblicua significan peligro. Los vehículos podrán continuar su marcha, pero el conductor deberá tomar precaución para detectar el peligro existente que se aproxima.

2.10. Congestionamiento Vehicular

El congestionamiento vehicular, también conocido como congestión de tráfico o embotellamiento, se refiere a la situación en la que el flujo de vehículos en una carretera o calle es significativamente más lento de lo normal o se detiene por completo. Esto puede deberse a varios factores y puede ocurrir en diferentes tipos de vías, desde autopistas hasta calles urbanas. Aquí hay algunas causas comunes de congestión vehicular:

- **Volumen de tráfico elevado:** Cuando el número de vehículos en la carretera excede la capacidad de la misma, se produce un embotellamiento. Esto puede ocurrir durante las horas pico o en eventos especiales donde hay una mayor demanda de viajes.
- **Cuellos de botella:** Los cuellos de botella son puntos de estrangulamiento en la carretera, como intersecciones congestionadas, zonas de construcción, estrechamientos de carriles o entrada/salida de autopistas. Estos puntos reducen la capacidad de la carretera y pueden provocar la formación de embotellamientos.
- **Accidentes y averías:** Los accidentes de tráfico y las averías de vehículos pueden obstruir el flujo de tráfico y causar congestión, especialmente si no se eliminan rápidamente o si requieren la intervención de servicios de emergencia.
- **Semáforos y señalización ineficientes:** La sincronización deficiente de semáforos, señales de tráfico mal ubicadas o la falta de señalización adecuada pueden contribuir a la congestión al crear retrasos y confusión entre los conductores.
- **Mal tiempo y condiciones de la carretera:** La lluvia, la nieve, el hielo u otras condiciones climáticas adversas pueden hacer que la conducción sea más lenta y peligrosa, lo que a su vez puede provocar congestión.

- **Comportamiento del conductor:** Factores como la falta de cortesía entre conductores, cambios de carril frecuentes, distracciones al volante y comportamientos agresivos pueden contribuir a la congestión al aumentar la probabilidad de accidentes y reducir la eficiencia del flujo de tráfico.

La congestión vehicular no solo causa frustración y estrés a los conductores, sino que también tiene impactos económicos y ambientales negativos, como el aumento del consumo de combustible, las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos asociados con los retrasos en los viajes. Por lo tanto, es importante implementar medidas de gestión del tráfico y planificación urbana efectivas para mitigar el congestionamiento y mejorar la movilidad en las ciudades y carreteras.

2.10.1. Impactos del congestionamiento

Aumento de los tiempos de viaje: El congestionamiento causa retrasos significativos en los tiempos de viaje, lo que afecta la puntualidad y la eficiencia de los desplazamientos de las personas y mercancías.

Reducción de la accesibilidad: El tráfico congestionado puede dificultar el acceso a lugares importantes como hospitales, centros comerciales, lugares de trabajo y áreas residenciales, lo que afecta la calidad de vida de las personas.

Incremento del estrés y la fatiga: Los conductores atrapados en atascos experimentan niveles más altos de estrés y fatiga, lo que puede afectar negativamente su salud física y mental, así como su seguridad en la conducción.

Impacto en la productividad económica: Los retrasos en el transporte de bienes y personas pueden afectar la productividad económica al aumentar los costos operativos para las empresas y reducir el tiempo efectivo de trabajo de los empleados.

Aumento de la contaminación del aire: El tráfico congestionado conlleva una mayor cantidad de vehículos detenidos o en movimiento lento, lo que aumenta las emisiones de contaminantes atmosféricos y contribuye a la mala calidad del aire.

Mayor consumo de combustible: Los vehículos atrapados en atascos tienden a consumir más combustible debido a la aceleración y desaceleración constante, lo que aumenta los costos de operación y empeora la huella de carbono.

Impacto en la salud pública: La contaminación del aire asociada con el tráfico congestionado puede tener efectos negativos en la salud de las personas, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y contribuyendo a una menor calidad de vida.

Desperdicio de recursos: El tiempo y la energía dedicados a esperar en atascos representan un desperdicio de recursos valiosos que podrían ser utilizados de manera más productiva en otras actividades

2.10.2. Mejoras para reducir la congestión

Mejorar la infraestructura vial es una estrategia clave para reducir la congestión del tráfico. Aquí algunas mejoras específicas que pueden ayudar a lograr este objetivo:

- **Ampliación de carreteras y calles:** Añadir carriles adicionales a las carreteras principales y ampliar las calles en áreas urbanas puede aumentar la capacidad de la vía y reducir los embotellamientos.
- **Construcción de nuevas vías de acceso:** Construir nuevas autopistas, carreteras y vías de acceso puede distribuir el flujo de tráfico y proporcionar rutas alternativas para aliviar la congestión en las vías existentes.
- **Optimización de intersecciones:** Mejorar la señalización, añadir carriles de giro dedicados, implementar semáforos inteligentes y construir rotondas son medidas que pueden agilizar el flujo de tráfico en intersecciones congestionadas.
- **Peajes dinámicos:** Implementar peajes variables que se ajusten según la demanda puede incentivar a los conductores a utilizar rutas alternativas o viajar en horarios menos congestionados, reduciendo así la congestión en las carreteras principales.
- **Carriles exclusivos y vías para transporte público:** Designar carriles exclusivos para autobuses, trenes ligeros o bicicletas puede fomentar el uso de transporte

público y alternativas de movilidad sostenible, aliviando la presión sobre las carreteras principales.

- **Sistemas de gestión del tráfico inteligente:** Implementar sistemas avanzados de gestión del tráfico, como semáforos adaptativos, cámaras de vigilancia, sensores de tráfico y aplicaciones de navegación en tiempo real, puede optimizar el flujo de vehículos y reducir los tiempos de viaje.
- **Mejoras en la infraestructura para peatones y ciclistas:** Construir aceras más amplias, senderos para bicicletas separados de la carretera y pasos peatonales seguros puede fomentar el uso de modos de transporte no motorizados y reducir la dependencia del automóvil.

2.11. Software Vissim

Vissim El software Vissim es una herramienta de simulación empleada para el diseño de sistemas de control de tráfico. Este programa es una parte de PTV Vision Traffic Suite, que también incluye Visum, una herramienta de simulación macroscópica. Vissim es una herramienta que permite la simulación microscópica; ya que emplea un modelo que se centra en cada vehículo como una entidad particular. Lo cual posibilita su aplicación para distintos proyectos de análisis de tráfico como intersecciones, rotondas, etc.

Además, este programa es capaz de trabajar con una gran variedad de móviles tales como autos, camionetas, motos, bicicletas, camiones, etc.

Antecedentes de Vissim:

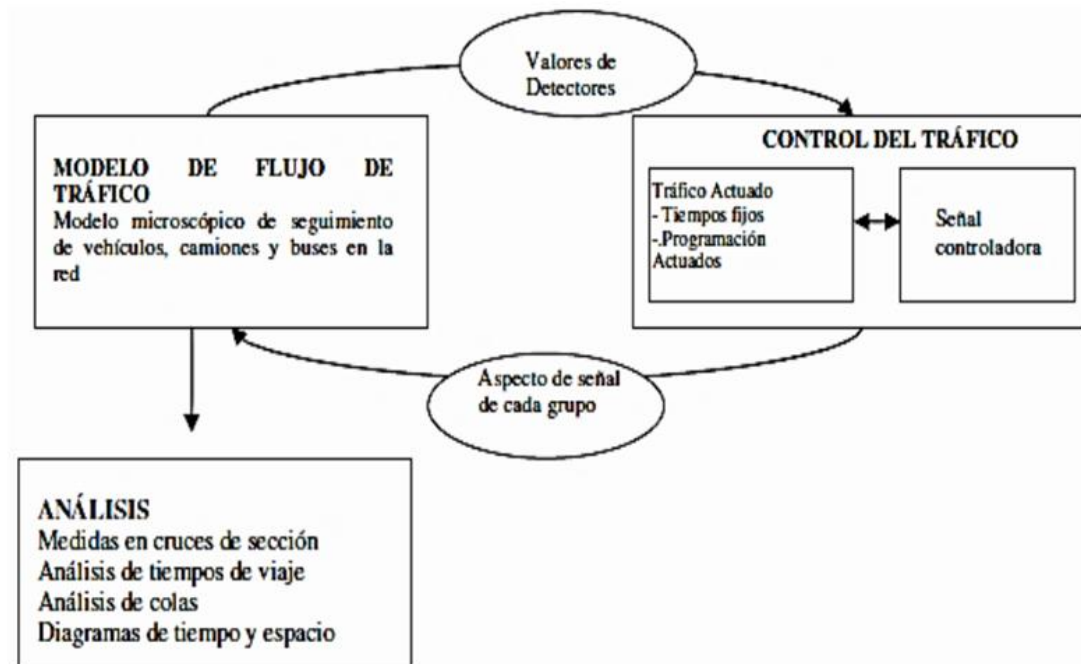
Vissim es una herramienta de simulación microscópica y multimodal del tránsito, fue desarrollada por PTV (Planung Transport Verkehr) en Karlsruhe, Alemania. El nombre del programa es un acrónimo que deriva del alemán “Verkehr In Städten - SIMulation”. Lo cual se traduce como simulación del tránsito en las ciudades. El software Vissim se desarrolló a inicios de los años 70 en la Universidad de Karlsruhe en Alemania; para el año 1973 se comienza la comercialización y distribución por parte de PTV América Inc.

En el año 1995 se emplea en Estados Unidos por primera vez en Eugene, Oregon. Actualmente, se cuenta con la versión 8.0 del programa.

Funcionamiento del software Vissim:

El programa Vissim es un modelo computacional que se basa en los parámetros del seguimiento vehicular, psicofísicos, formulados por Wiedemann. La arquitectura del sistema de Vissim consta de dos programas separados, el modelo de flujo de tráfico y el modelo de control de señales.

Figura 2.12. Diagrama de flujo



Fuente: Ingeniería de tránsito 9na edición

La animación de la circulación de los vehículos es posibilitada por el modelo de flujo de tráfico. Por otro lado, el modelo de control de señal permite la generación de archivos de salida con acumulación de datos estadísticos como son las longitudes de cola y tiempos de viaje. Las principales áreas de aplicación de Vissim son estudios prioritarios de señales de tránsito, y el diseño de intersecciones y operaciones de tráfico. El funcionamiento del software Vissim está ligado al conjunto integrado por el modelo de seguimiento vehicular, de mayor impacto sobre Vissim, y el modelo de cambio de carril. En el primer modelo, se ajustará la separación entre vehículos cuando un vehículo con mayor velocidad se aproxime a uno más lento. La forma de actuar del conductor se involucra en esta regulación de la separación entre vehículos; ya que dependerá de la velocidad con la que transita y de la diferencia de distancia entre vehículos. El segundo

modelo se verá influenciado por la necesidad del cambio de dirección o ruta de los vehículos (Ahmed, 1999).

Componente estático

La infraestructura aplicable a la red de tráfico es ilustrada por estos componentes. Los links y conectores son ejemplos de este tipo de elementos. Los primeros se componen de rutas o carreteras direccionadas con un número determinado de carriles. Por otro lado, los conectores son el medio por el cual se unen los links. Estos permiten los giros y movimientos en el caso de las intersecciones y rotondas que se desee modelar (PTV GROUP, 2016). Igualmente, existen otros componentes estáticos como las señales de tránsito. Estas se usan como medio informativo para el cumplimiento de las normas establecidas.

Componente dinámico

Un ejemplo de estos elementos son los semáforos; ya que influyen en el comportamiento de los conductores. Esto repercute considerablemente en el sistema; ya que el nivel de detalle que se requiere en un modelo de simulación microscópico está en relación directa con la exactitud de este tipo de componentes. Además, estos componentes cambian con el transcurso del tiempo en la circulación del tráfico.

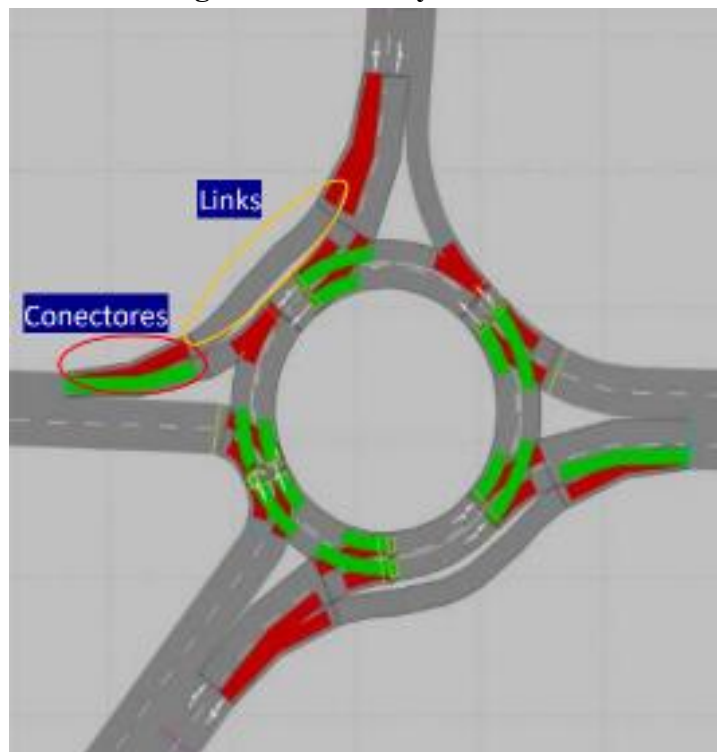
Infraestructura del modelo

La construcción de un modelo de micro-simulación en el software computacional Vissim depende del fin del análisis que se quiera llevar a cabo. Por ejemplo, si se requiere evaluar una señal lógica de activación del tránsito en una intersección bastará con un esbozo de la misma. Por otro lado, si se desea efectuar un análisis de operaciones de tráfico y evaluar su comportamiento será necesario un modelado detallado de la zona de estudio. El mismo que se deberá trabajar a escala y mediante una metodología establecida con el fin de obtener los resultados buscados. Entre las herramientas que se recomiendan para la recolección de datos están: mediciones en planos CAD, fotografías satelitales, mediciones en campo, etc.

Link y conectores

La red vial está conformada por links y conectores, y son de vital importancia en la construcción de la infraestructura del modelo; ya que estos son la base para la representación del sistema de tráfico que se desea trabajar, en este caso una intersección. Existen algunas situaciones en las cuales es indispensable el uso de estos elementos. La primera de ellas se presenta cuando se necesita realizar un cruce en el modelo. Para lograr este objetivo se requiere emplear tanto links como conectores para crear la unión que se necesita. Otra posible situación en la que es indispensable el uso de ambos se presenta cuando un link es dividido en dos o más bifurcaciones en el seguimiento de su recorrido y se desea fusionarlos (un conector cumplirá con esta tarea). Otra posible circunstancia, se lleva a cabo cuando en la ruta existen cambios en el número de carriles o el ancho de las vías. Usualmente, los nodos localizados en secciones interrelacionadas y links instalados a lo largo de los tramos viales representan un diseño vial. En la figura se ilustra un conjunto de conectores y links que forman un modelo de una rotonda en construcción.

Figura 2.12 Links y conectores



Fuente: Manual VISSIM

Otros elementos del modelo

En el software Vissim existen otros comandos para incrementar el nivel de detalle de modelo en construcción si se requiriese. A continuación, se mencionará algunos de ellos.

Primeramente, se tiene la opción de crear áreas de reducción de velocidad. Estas pueden ser empleadas en los giros de los vehículos, logrando así mayor similitud entre el modelo y la realidad. Otro elemento a destacar es la prioridad en los usuarios; ya que de esta dependerá la interrelación entre los mismos. Por lo que, se debe realizar la identificación de los vehículos con mayor preferencia a comparación de otros. Esta prioridad se ve reflejada, por ejemplo, en un óvalo en el que la preferencia la tienen los conductores que transitan por el mismo respecto a los que se ubican en las calles que se conectan con el óvalo. Otro componente importante es la representación de los semáforos en el modelo. Estos son llevados de la realidad al modelo virtual a través de los denominados “signal head”.

Control del tráfico

El control del tráfico se puede lograr mediante una simulación microscópica de la zona de estudio. Una de las herramientas computacionales que se emplean con este fin es el software Vissim. El mismo que se utilizará en el desarrollo de este trabajo. Este programa que se basa en un modelo estocástico ayuda al análisis de sistemas de tráfico como rotondas, intersecciones, etc. Estos últimos sistemas mencionados pueden ser de dos tipos: intersecciones controladas por semáforos e intersecciones no semaforizadas.

Intersecciones no semaforizadas

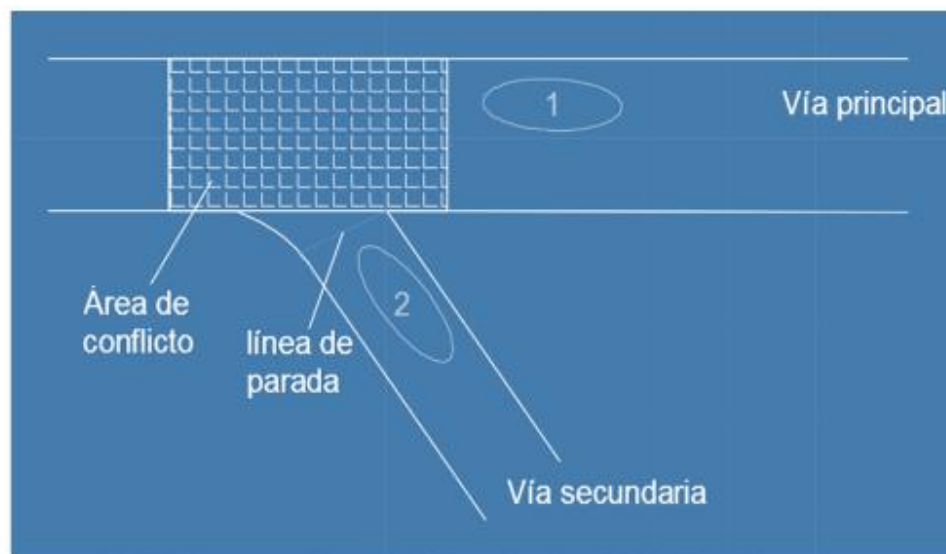
En esta clase de intersección priman las reglas de prioridad entre conectores y vías por donde transitan los vehículos. Estas se aplican a todas las situaciones en las que los vehículos participan. Algunos ejemplos de modelamiento en los cuales se aplican las reglas de prioridad son:

- Intersecciones no controladas donde el tráfico tiene que dar paso al tráfico de la derecha.

- Intersecciones no controladas donde el tráfico en la carretera que concluye debe dar paso al tráfico en la carretera que continúa.
- Las rotondas donde los vehículos que entran en las rotondas tienen que dar paso al tráfico dentro de la rotonda.
- La fusión de las zonas donde el tráfico que entra desde una rampa tiene que ceder en el tráfico de la ruta principal.

En la figura se aprecia una aplicación de reglas de prioridad, donde el vehículo 1 cuenta con la preferencia; ya que se encuentra transitando por una vía principal. Por lo que, el vehículo 2 se debe mantener en espera en la línea de parada hasta que el vehículo 1 haya pasado la zona de conflicto.

Figura 2.13 Determinación de áreas



Fuente: Manual VISSIM

Intersecciones semaforizadas

A diferencia de las intersecciones no controladas por semáforos, en las intersecciones semaforizadas rigen los denominados “signal control”, que se emplean en el control del funcionamiento de tránsito de la intersección. Los semáforos poseen fases que se representan, normalmente, por los colores rojo, amarillo y verde. En el modelo, estas características de los semáforos se ingresan a través del uso de grupos de señales. Los semáforos se reconocen en un modelo de simulación microscópica gracias a los llamados

“signal head”. Estos se colocan en la construcción modelo en los cruces o lugares donde se desee un control semaforizado. A continuación, en la figura, se presenta una ilustración del modelamiento de una intersección semaforizada urbana.

Figura 2.14 Modelo de cruces



Fuente: Manual VISSIM

Funcionalidades Principales:

Modelado de Redes Viales: VISSIM permite crear modelos detallados de redes viales, incluyendo carreteras, intersecciones, carriles exclusivos para autobuses, semáforos, pasos de peatones, y otros elementos de infraestructura vial.

Comportamiento del Tráfico: El software simula el comportamiento realista de diferentes tipos de vehículos, incluyendo automóviles, autobuses, bicicletas y peatones. Los parámetros como la velocidad, la aceleración, la deceleración, y las preferencias de cambio de carril son tenidos en cuenta en las simulaciones.

Control de Semáforos: VISSIM permite modelar y simular el funcionamiento de sistemas de control de semáforos, incluyendo semáforos fijos, semáforos adaptativos y sistemas de coordinación de semáforos.

Análisis de Capacidad y Flujo: El software proporciona herramientas para analizar la capacidad de las carreteras, la fluidez del tráfico, los tiempos de viaje, las velocidades medias, y otros parámetros relacionados con el rendimiento de la red vial.

Optimización de Diseño: El software puede utilizarse para evaluar diferentes diseños de infraestructura vial y para optimizar la configuración de intersecciones y semáforos con el fin de mejorar la eficiencia y seguridad del tráfico.

Interfaz Gráfica y Visualización:

VISSIM cuenta con una interfaz gráfica intuitiva que permite crear modelos de tráfico de forma visual y analizar los resultados de las simulaciones mediante gráficos y tablas interactivas.

2.11.2. Principales Características y Funcionalidades de VISSIM:

Modelado de Vehículos: VISSIM permite a los usuarios definir y configurar diferentes tipos de vehículos, incluyendo automóviles, camiones, bicicletas, autobuses y peatones, cada uno con sus propias características de comportamiento.

Modelos de Comportamiento del Conductor: El software incorpora modelos de comportamiento de conductores que simulan con precisión cómo aceleran, frenan, cambian de carril y reaccionan a las señales de tráfico y condiciones del entorno.

Modelado de Carreteras e Intersecciones: Los usuarios pueden crear escenarios de tráfico personalizados que incluyen carreteras, cruces, rotondas, semáforos, carriles exclusivos y señalización vial.

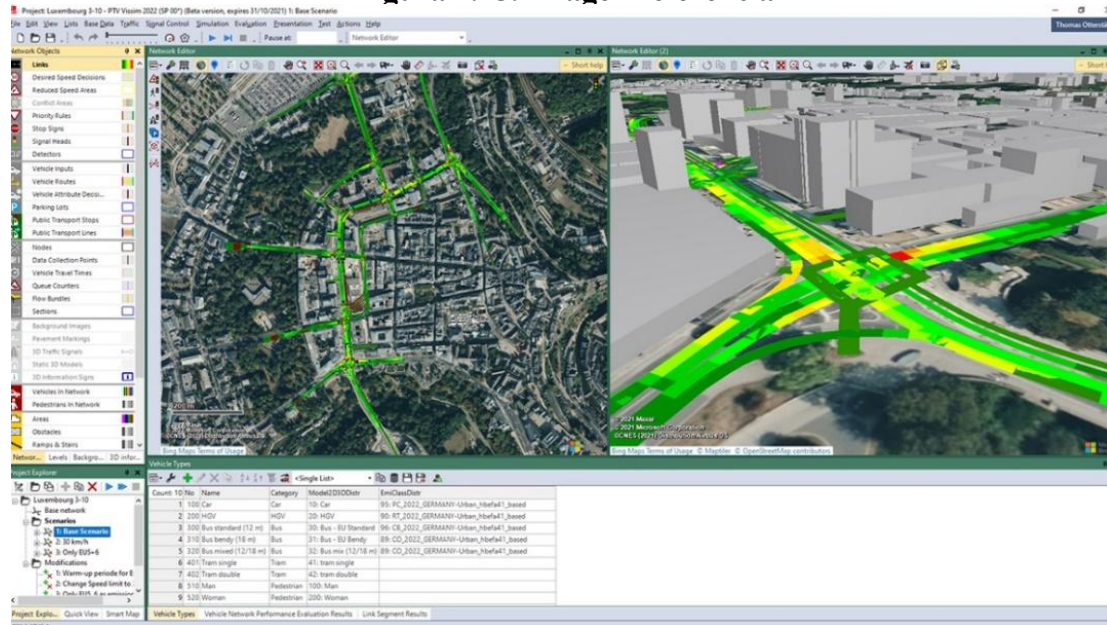
Control de Semáforos: VISSIM permite simular y optimizar el control de semáforos, lo que es esencial para mejorar el flujo de tráfico en áreas urbanas y en intersecciones congestionadas.

Simulación de Eventos Especiales: El software puede utilizarse para modelar eventos especiales, como desfiles, manifestaciones o cierres de calles, para evaluar su impacto en el tráfico circundante.

Análisis de Flujo de Tráfico: VISSIM proporciona datos detallados sobre el flujo de tráfico, incluyendo la velocidad, la densidad, la ocupación de carriles y la capacidad.

Visualización y Reportes: VISSIM ofrece una interfaz gráfica que permite la visualización en tiempo real de la simulación y la generación de informes detallados.

Figura 2.15. Imagen referencial



2.11.3. Módulos de VISSIM

VISSIM se compone de varios módulos que permiten a los usuarios abordar diferentes aspectos de la simulación del tráfico. Algunos de los módulos más destacados son:

Módulo de Vehículos: Permite definir y configurar distintos tipos de vehículos, incluyendo dimensiones, características de aceleración y comportamiento de los conductores.

Módulo de Red de Carreteras: Los usuarios pueden crear y personalizar la red vial, definiendo carriles, señales de tráfico, semáforos y otros elementos de infraestructura.

Módulo de Control de Tráfico: Ofrece herramientas para simular y optimizar el control de semáforos y señales de tráfico, permitiendo la gestión eficiente del tráfico.

Módulo de Peatones: Además de vehículos, VISSIM también puede modelar el comportamiento de peatones, lo que es útil en áreas urbanas y zonas con alta afluencia de personas.

Módulo de Modelado de Autobuses: Permite la simulación de rutas y horarios de autobuses, así como el abordaje y desembarque de pasajeros en paradas de autobús.

Módulo de Seguridad Vial: Este módulo se centra en el análisis de la seguridad vial, permitiendo a los usuarios identificar situaciones de riesgo y evaluar la efectividad de medidas de seguridad, como señales de tráfico y barreras de protección.

Modelos de Comportamiento:

VISSIM utiliza una variedad de modelos matemáticos y algoritmos para simular el comportamiento de vehículos y conductores. Estos modelos incluyen:

Modelos de cambio de carril: Representan cómo los conductores deciden cuándo y cómo cambiar de carril, teniendo en cuenta factores como la velocidad y la densidad del tráfico.

Modelos de semáforos y señales de tráfico: Permiten simular la interacción de los vehículos con semáforos, señales de ceda el paso, señales de stop y otras señalizaciones viales.

2.11.4. Aplicaciones Específicas:

VISSIM se utiliza en una variedad de situaciones específicas, que incluyen:

Diseño de intersecciones y rotondas: Permite a los ingenieros evaluar y optimizar el diseño de intersecciones y rotondas para mejorar el flujo de tráfico y reducir la congestión.

Evaluación de impacto de proyectos de construcción: Antes de iniciar proyectos de construcción de carreteras o puentes, VISSIM se utiliza para predecir cómo afectarán al tráfico existente y qué medidas se deben tomar para minimizar las molestias.

Planificación del tráfico en eventos especiales: Eventos deportivos, conciertos y desfiles a menudo generan congestión de tráfico. VISSIM ayuda a las autoridades a planificar y gestionar estos eventos de manera efectiva.

Simulación de operaciones de transporte público: Se utiliza para evaluar la eficiencia de sistemas de transporte público, programar horarios y diseñar rutas de autobuses y tranvías.

2.11.5. Formato de Resultados:

VISSIM genera una variedad de resultados y datos que se pueden analizar y visualizar. Estos datos son esenciales para la toma de decisiones informadas en la planificación y gestión del tráfico. VISSIM ofrece capacidades de visualización en 3D que permiten a los usuarios explorar virtualmente la red vial y observar el comportamiento del tráfico desde diferentes perspectivas.

Es importante señalar que los resultados obtenidos de las simulaciones de VISSIM son datos visuales que los usuarios pueden utilizar para tomar decisiones informadas sobre la planificación, el diseño y la gestión del tráfico. La presentación y el análisis de estos resultados pueden adaptarse según las necesidades específicas del estudio y los objetivos del estudio.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y APLICACIÓN PRACTICA

3.1 Características Generales del Área de estudio

Descripción general de la ciudad de Tarija

Tarija es una ciudad situada en el sur de Bolivia, y es la capital del departamento del mismo nombre. Tarija es una de las ciudades más atractivas del país tanto por su belleza natural como por su rica historia y cultura.

Localización del departamento de Tarija en Bolivia

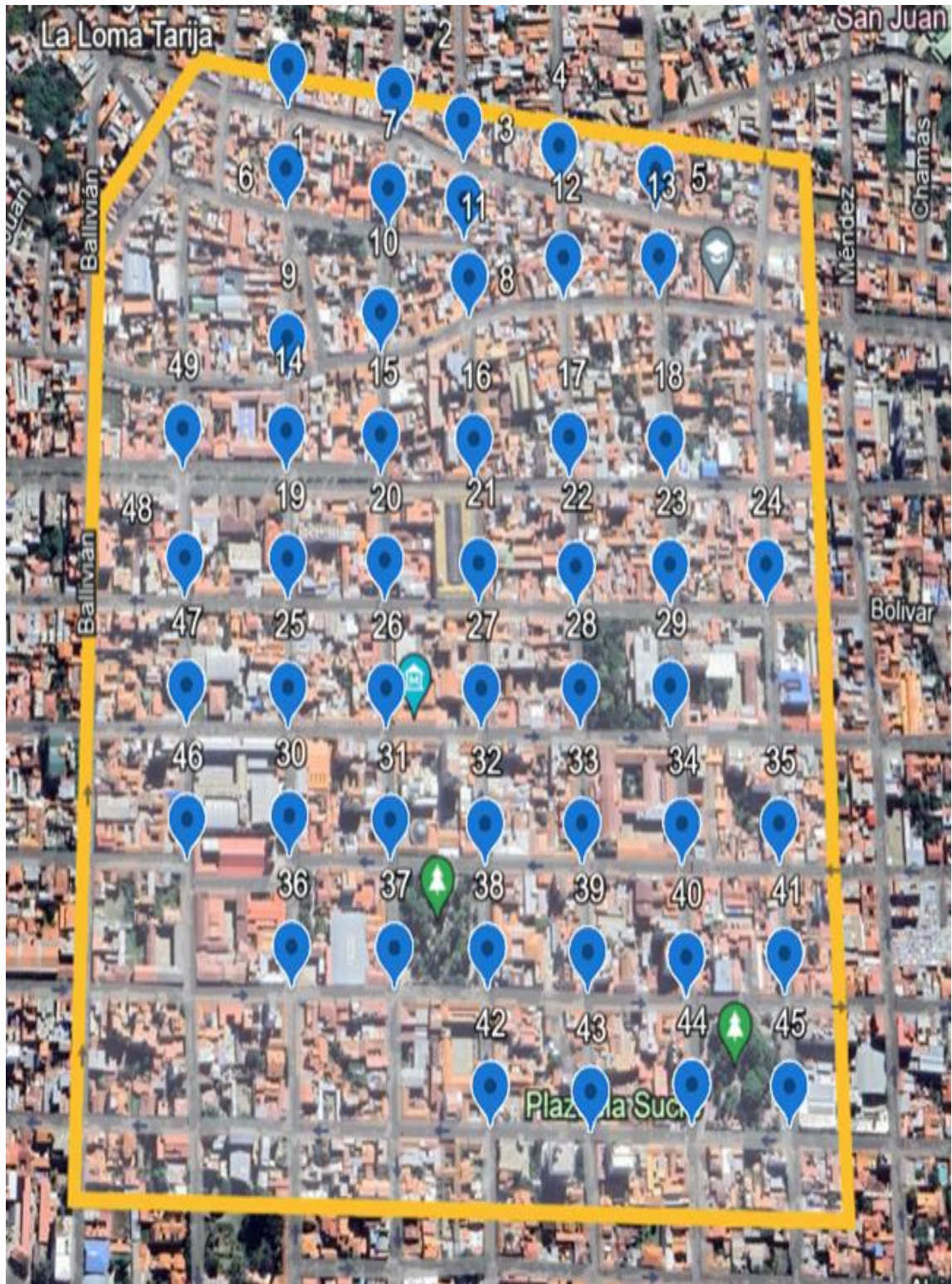


Ciudad de Tarija-Cercado



Ubicación del área de estudio

Podemos ubicar las intersecciones del casco viejo de la ciudad de Tarija



3.2 Identificación de las zonas de estudio

La aplicación práctica del presente estudio de tráfico se realizó en puntos conflictivos del área urbana del casco viejo de la ciudad de Tarija.

Se identificaron 15 intersecciones las cuales tienen dos accesos cada una, para así obtener los 30 puntos requeridos para el proyecto.

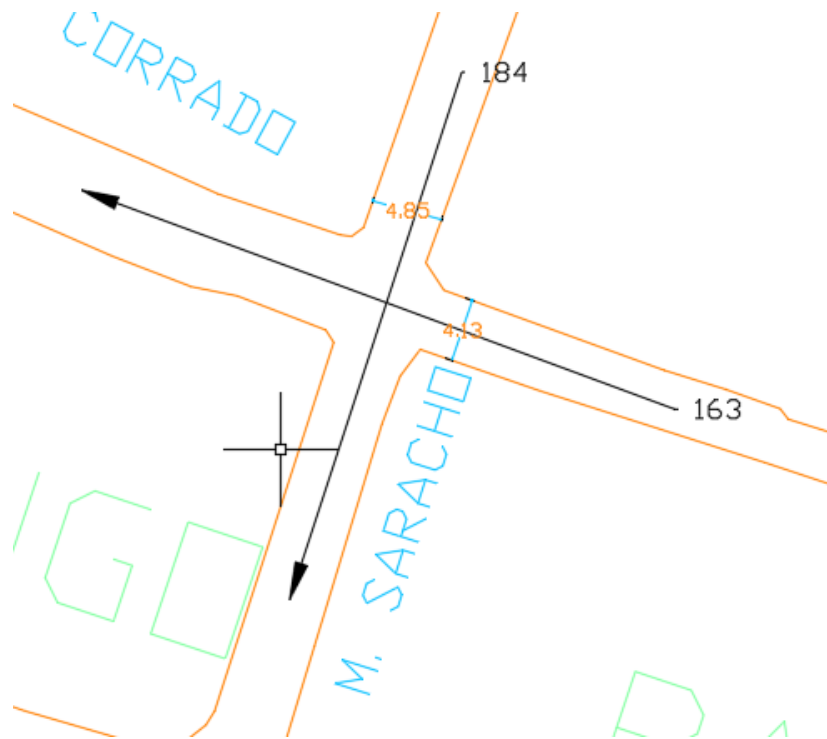
Tabla 3.1 Tabla de intersecciones

INTERSECCIONES			
Nº	ACCESO	Nº	ACCESO
1	C./ Corrado	16	C./Juan Misael Saracho
2	C./ Corrado	17	C./Gral. Trigo
3	C./ Colón	18	C./Domingo Paz
4	C./ Sucre	19	C./Domingo Paz
5	C./ Colón	20	C./Virginio Lema
6	C./Gral. Trigo	21	C./Bolivar
7	C./Daniel Campos	22	C./Bolivar
8	C./Ingavi	23	C./Sucre
9	C./Ingavi	24	C./Suipacha
10	C./Ingavi	25	C./Juan Misael Saracho
11	C./Campero	26	C./La Madrid
12	C./Colón	27	C./La Madrid
13	C./Suipacha	28	C./15 de abril
14	C./15 de abril	29	C./Sucre
15	C./Juan Misael Saracho	30	C./15 de abril

Fuente: Elaboración propia

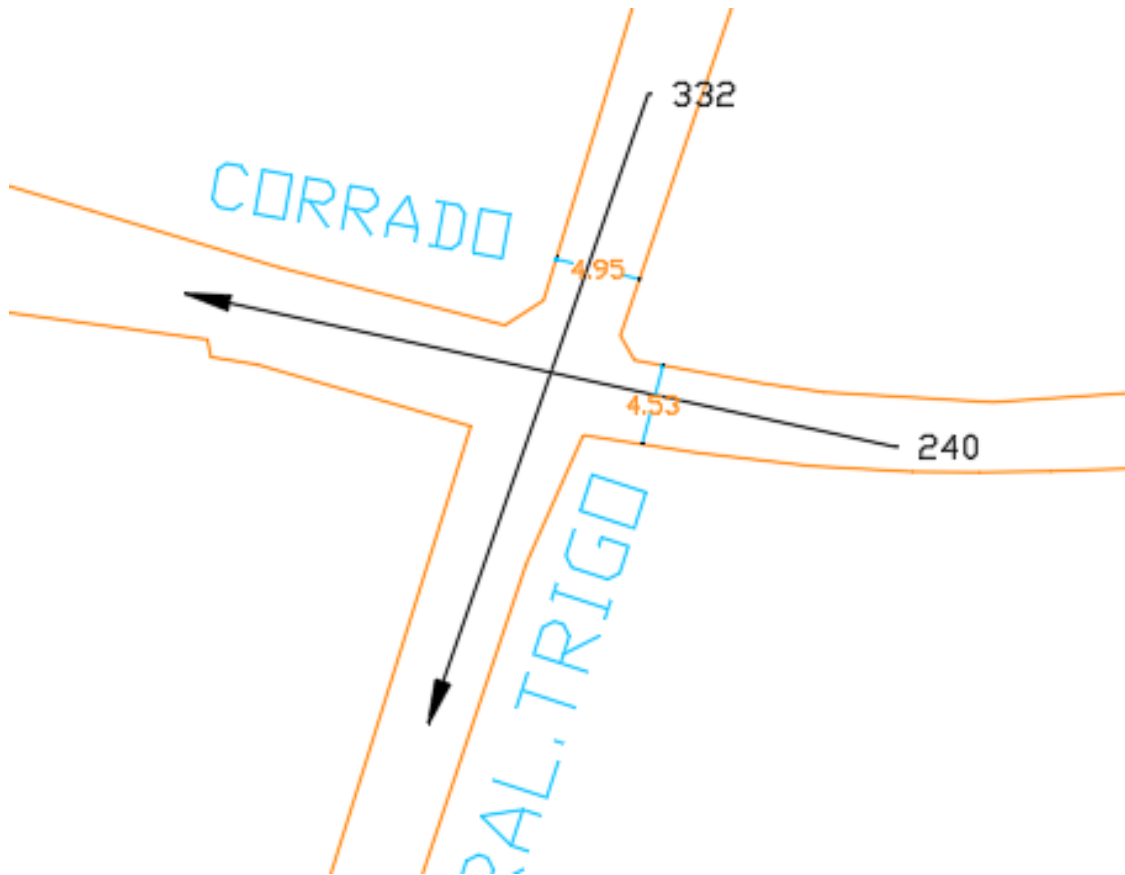
A continuación, veremos la ubicación detallada de cada uno de los puntos establecidos.

Intersección 1 (Juan Misael Saracho y Corrado)



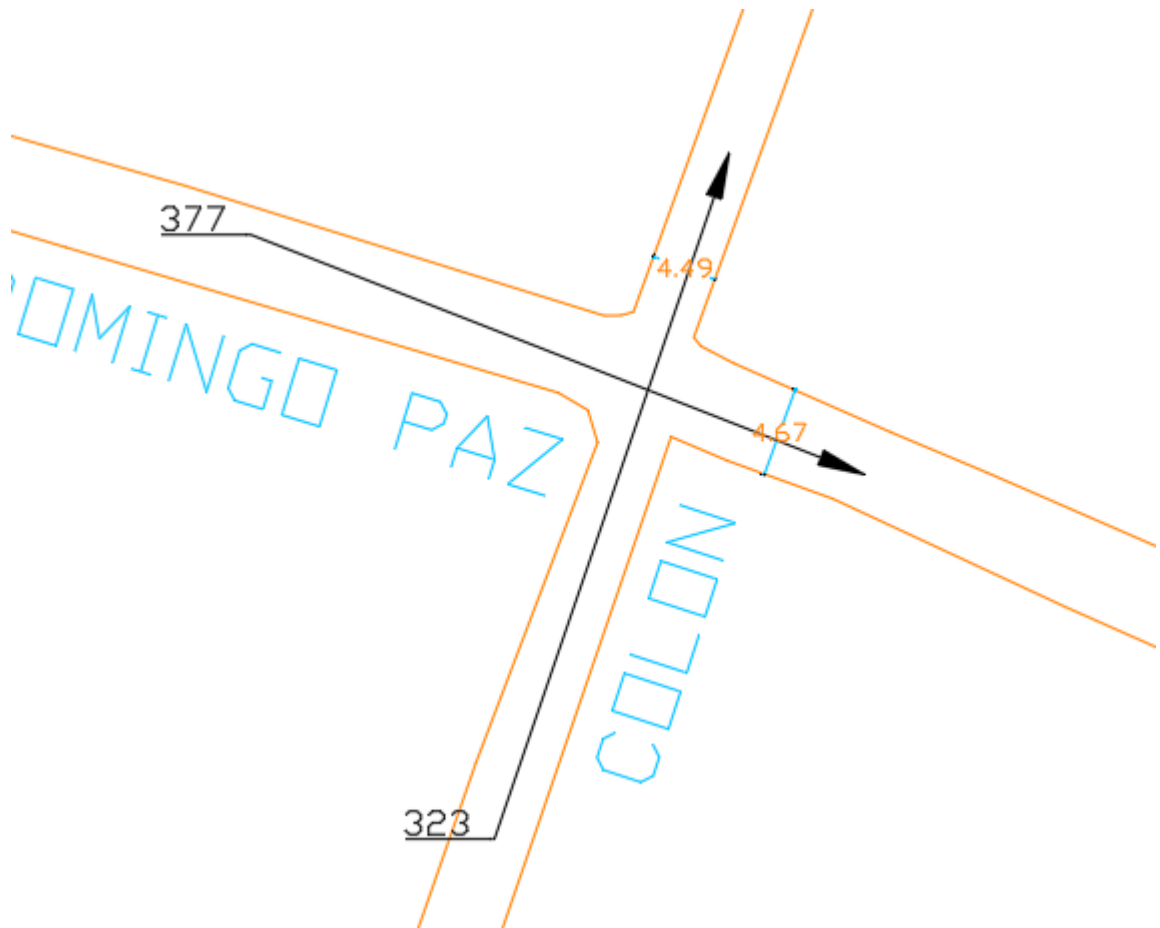
Esta intersección fue elegida por el volumen alto de vehículos que pasan por sus dos accesos. La calle Corrado cuenta con un volumen medio de 163 vehículos y la calle Juan Misael Saracho con un volumen medio de 184 vehículos, también se tomó en cuenta el colegio San Roque que se encuentra en la calle Juan Misael Saracho y la caja de salud CORDES.

Intersección 2 (Corrado y General Trigo)



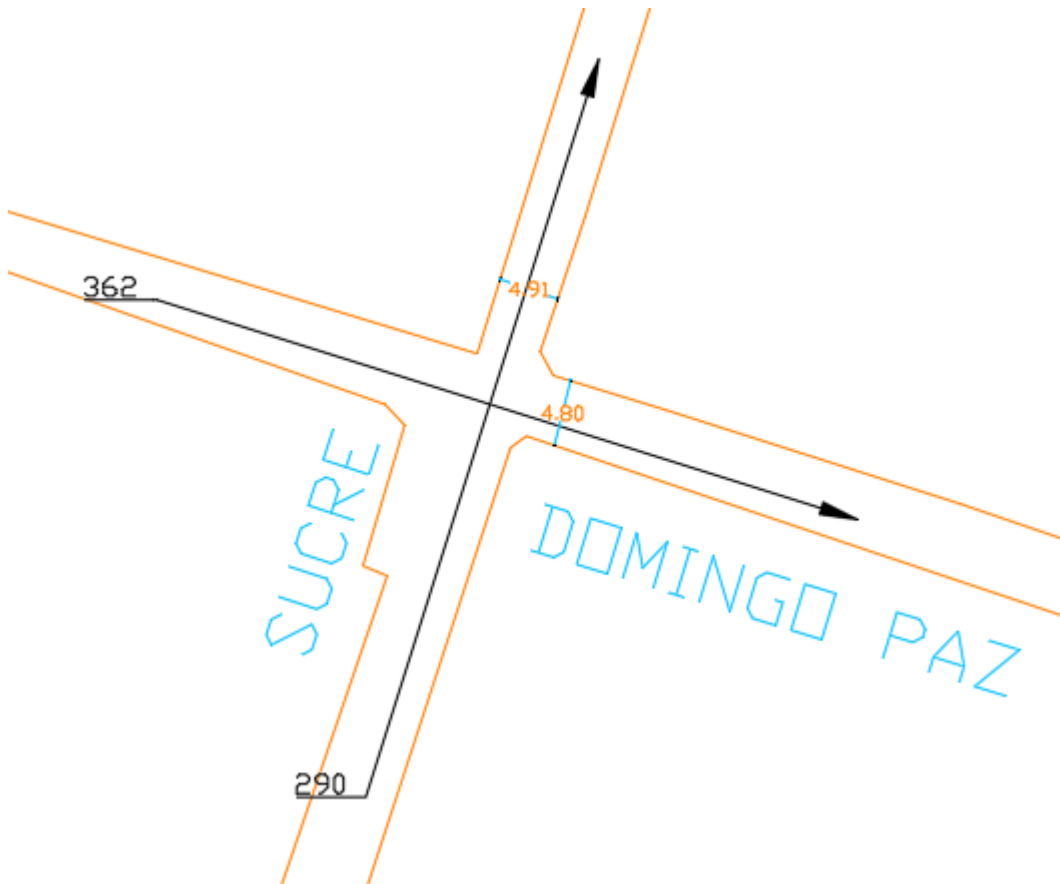
La calle Corrado cuenta con un volumen medio de 332 vehículos y la calle Gral. Trigo con un volumen medio de 240 vehículos, también se tomó en cuenta que esta la iglesia San Roque y es la ruta de micros que van hacia el centro de la ciudad, también se encuentra el colegio San Bernardo sobre la calle Corrado y el kínder Oscar Alfaro sobre la calle Gral. Trigo.

Intersección 3 (Colon y Domingo Paz)



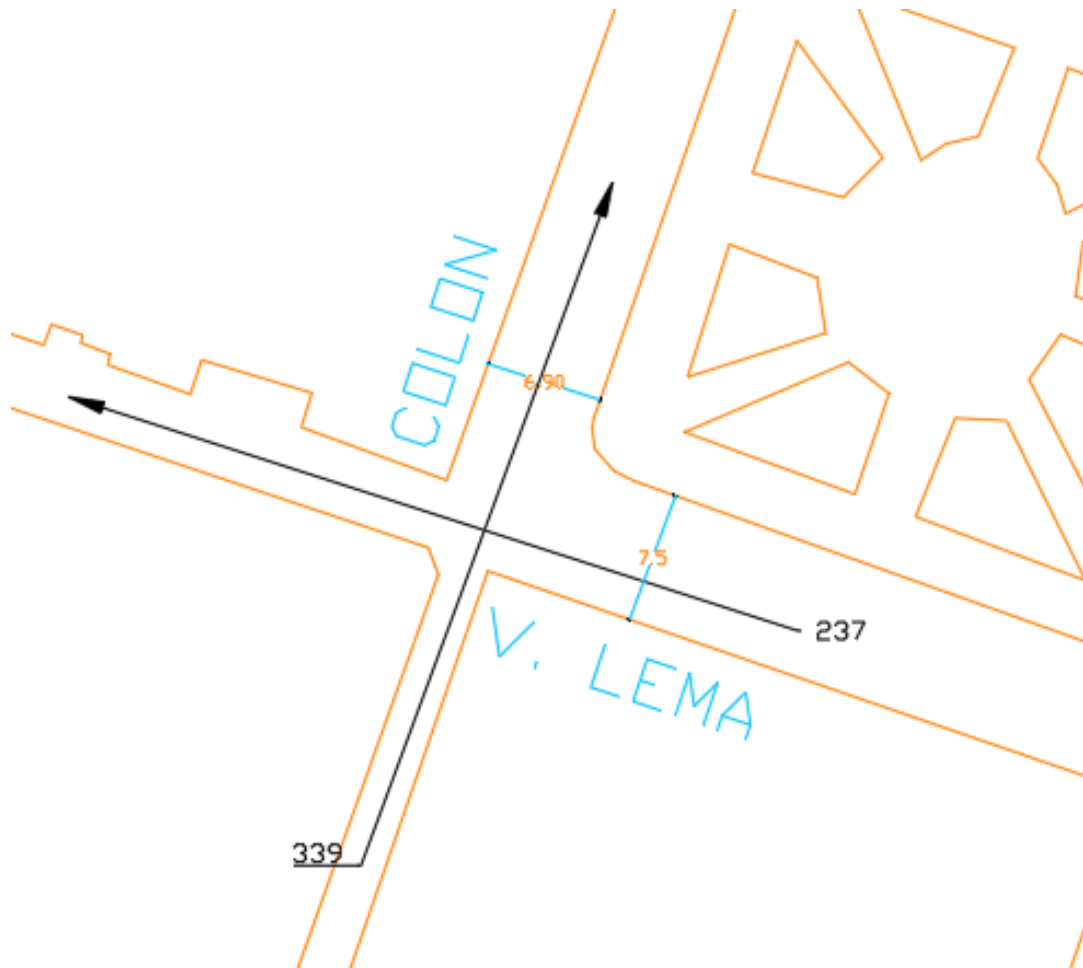
Esta intersección fue elegida por el alto volumen de vehículos que pasan por los dos accesos en horas pico, también se puede ver la presencia de muchos micros en cada acceso, cada calle tiene su parada de micros, la calle Colon cuenta con un volumen medio de 323 vehículos, y la Domingo Paz con un volumen de 377 vehículos.

Intersección 4 (Sucre y Domingo Paz)



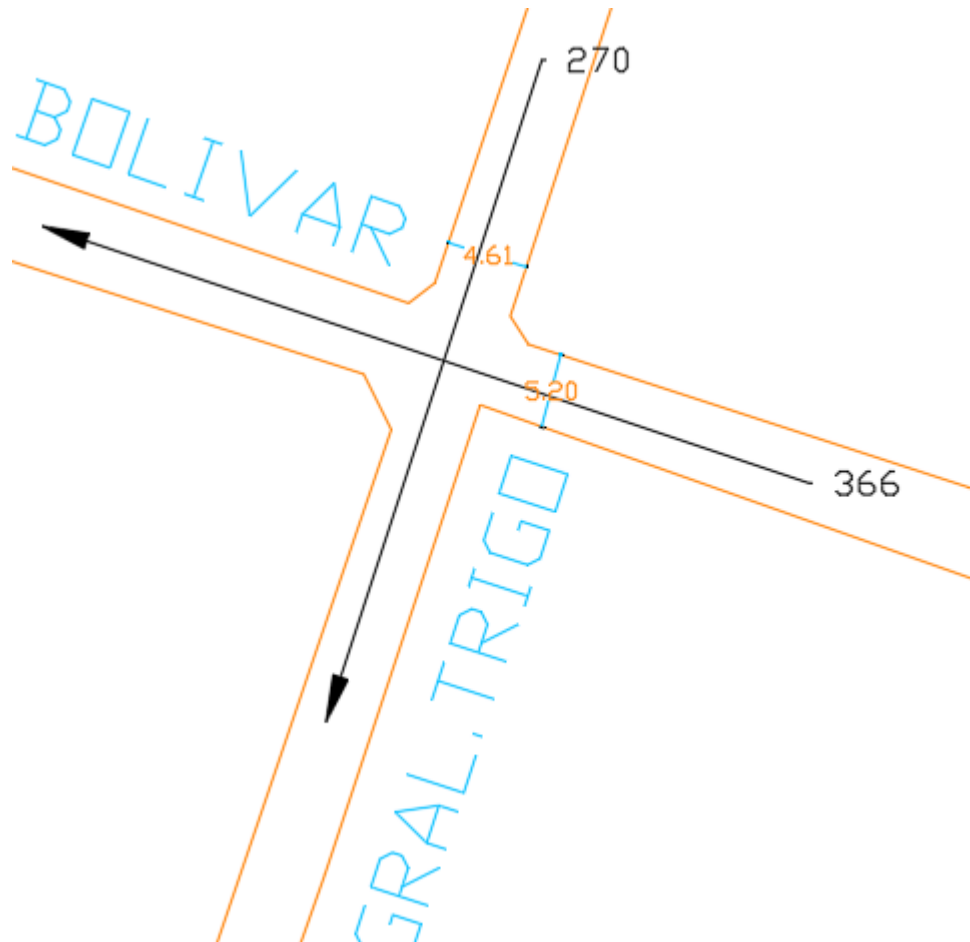
Esta intersección fue elegida para el estudio por el alto volumen de vehículos que pasan por los dos accesos y porque existe la presencia del mercado central de la ciudad, el volumen de la calle Domingo Paz es de 362 vehículos y de la calle Sucre de 290 vehículos, en la intersección se encuentra una de las entradas principales del mercado central de la ciudad de Tarija.

Intersección 5 (Colon y Virginio Lema)



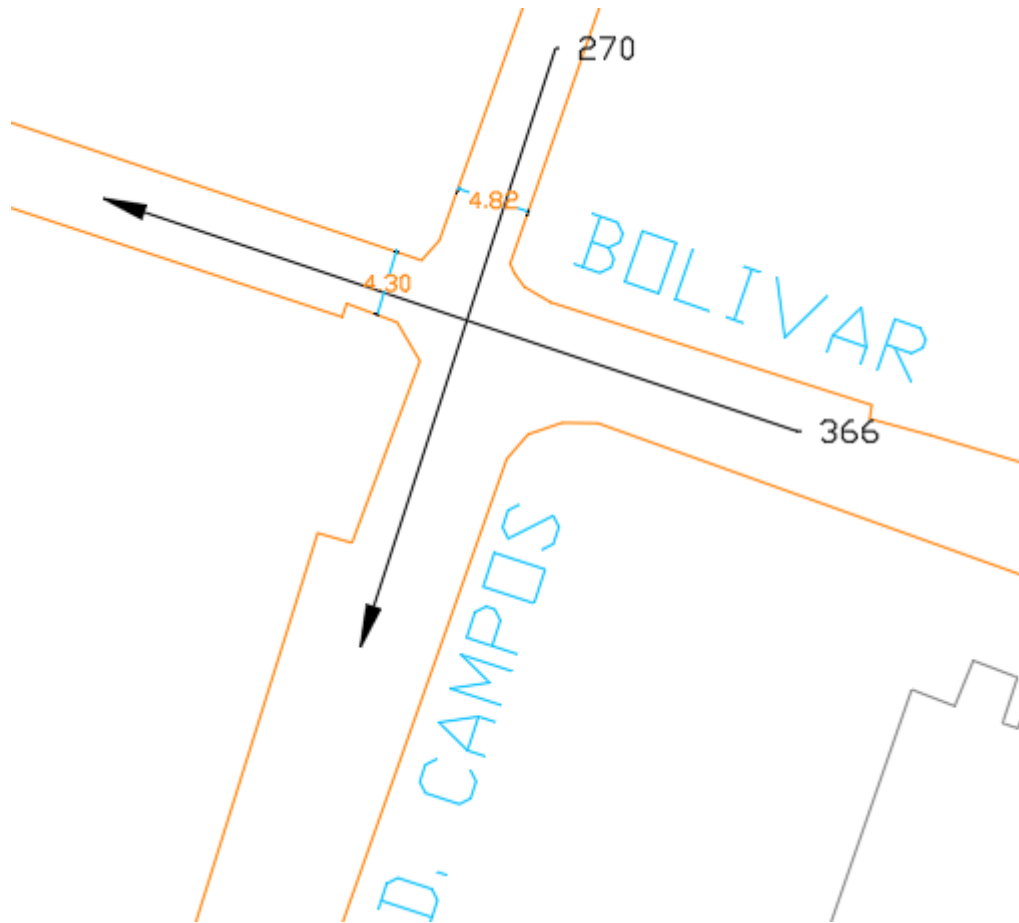
Esta intersección fue elegida para el estudio por el alto volumen de sus accesos y por la presencia de la plaza Sucre por donde el volumen de la calle Virginio Lema es de 237 vehículos y de la calle Colon es de 339 vehículos.

Intersección 6 (General Trigo y Bolívar)



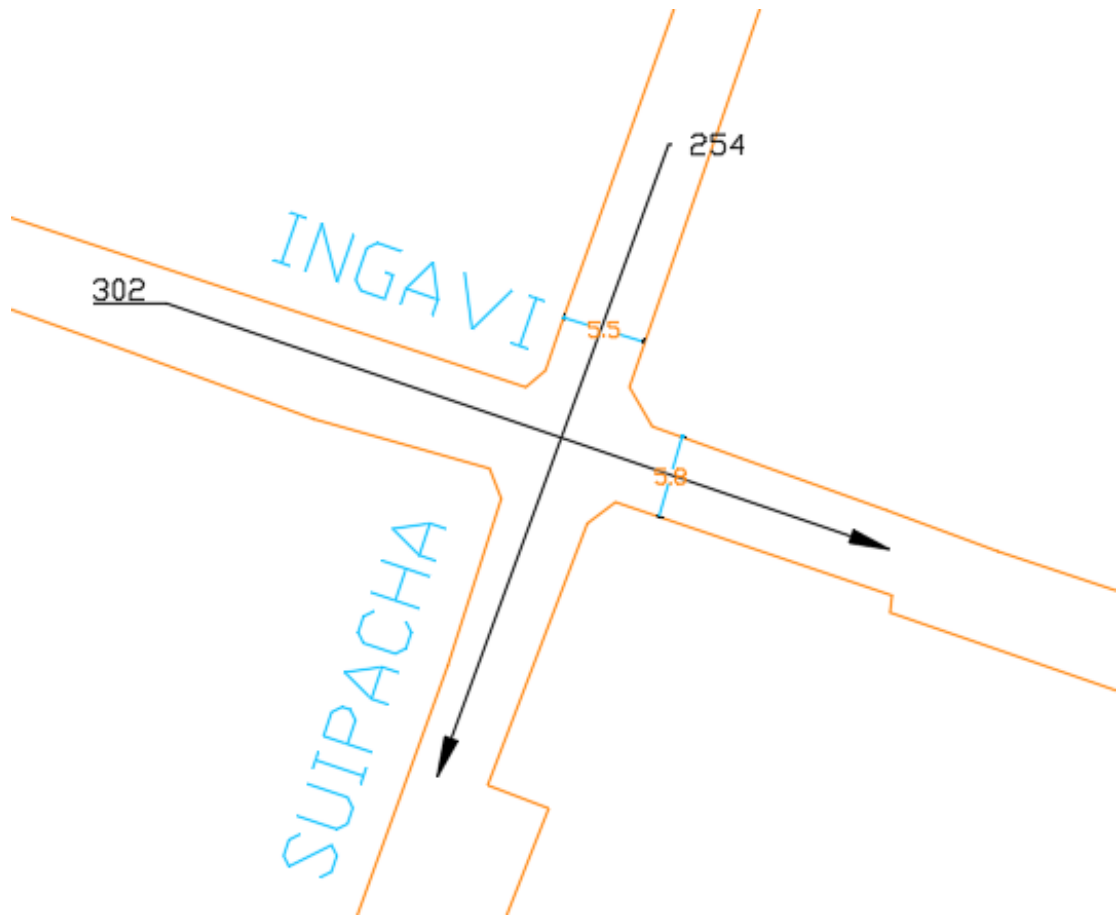
Esta intersección fue elegida por el alto volumen que presentan las dos intersecciones tanto la calle Bolívar con un volumen de 366 vehículos y la calle Gral. Trigo con un volumen de 366 vehículos.

Intersección 7 (Daniel Campos y Bolívar)



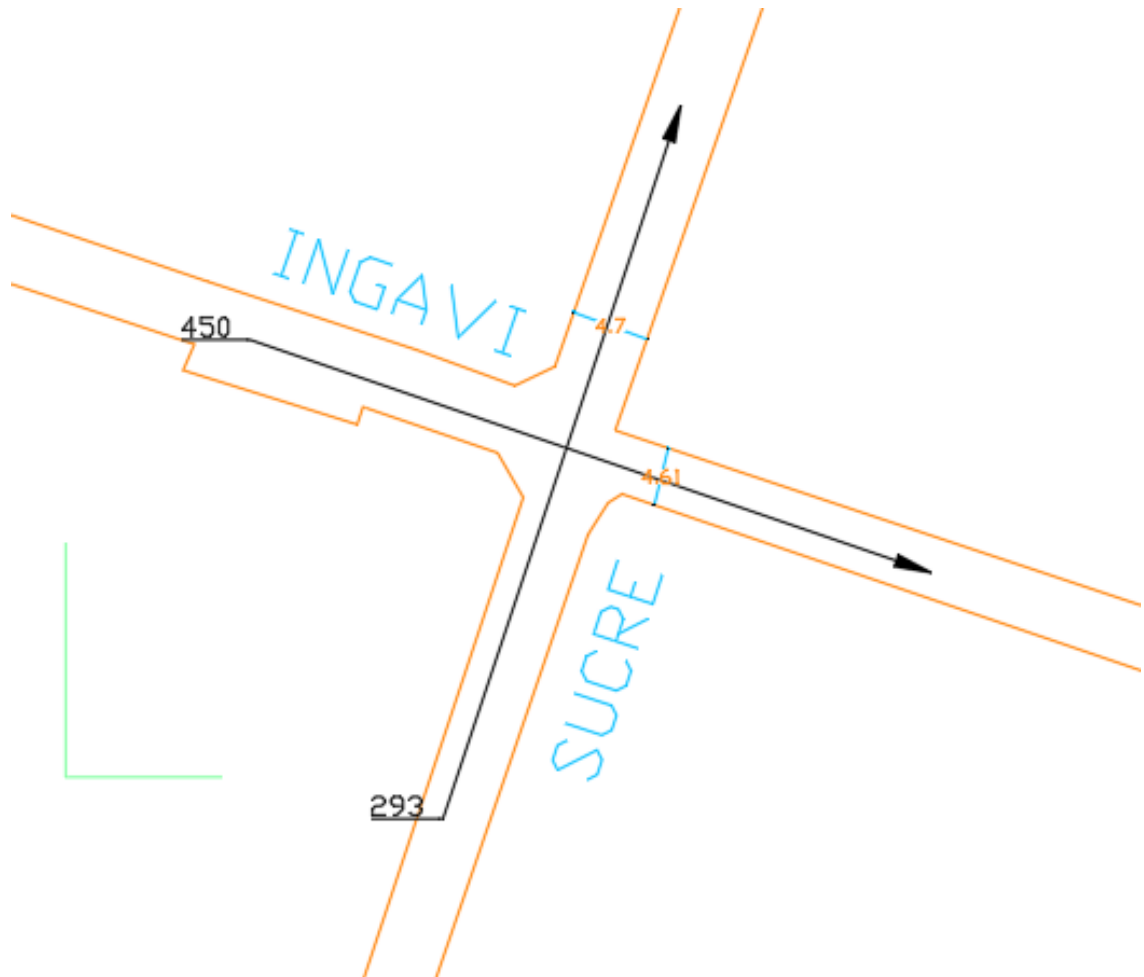
Esta intersección fue elegida por el alto volumen de sus accesos, y por qué es una zona comercial demasiado concurrida, también por la presencia de una institución pública, parad de micros, el volumen de acceso de la calle Bolívar es de 366 vehículos y de la calle Daniel Campos es de 270 vehículos.

Intersección 8 (Ingavi y Suipacha)



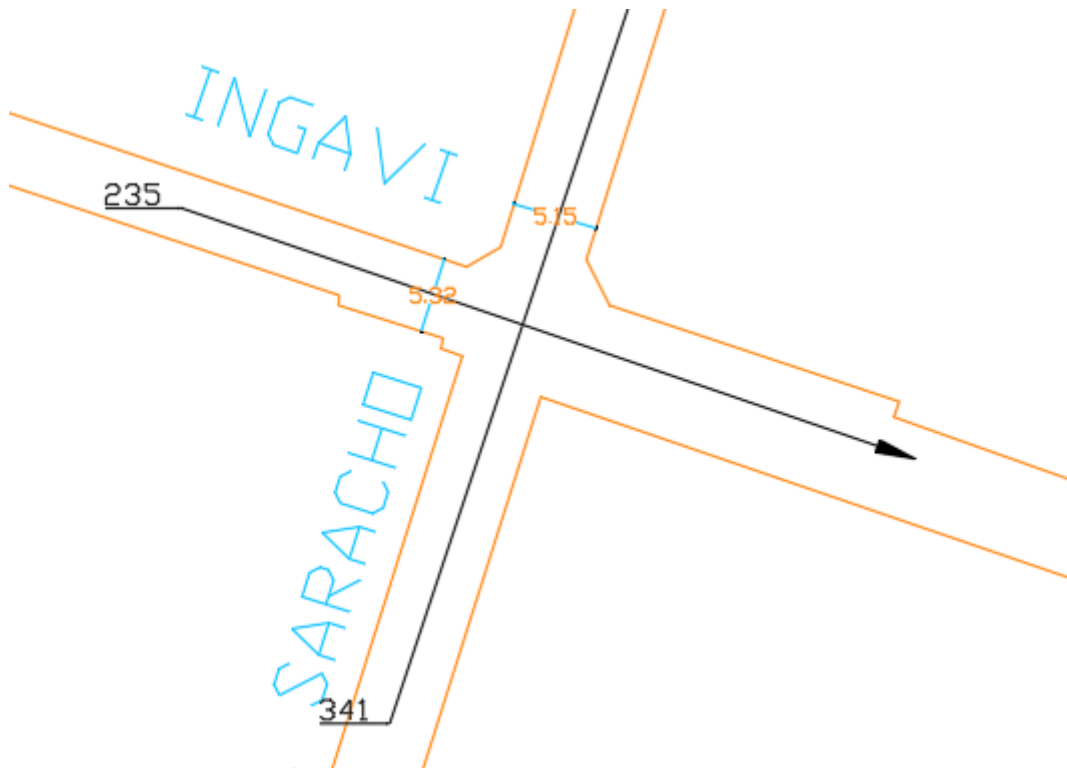
Esta intersección fue elegida para el estudio por el alto volumen vehicular que existe en los accesos tanto en la calle Ingavi con un volumen de 302 vehículos y la calle Suipacha con un volumen de 254 vehículos, también por la presencia de la universidad UNO sobre la calle Suipacha.

Intersección 9 (Ingavi y Sucre)



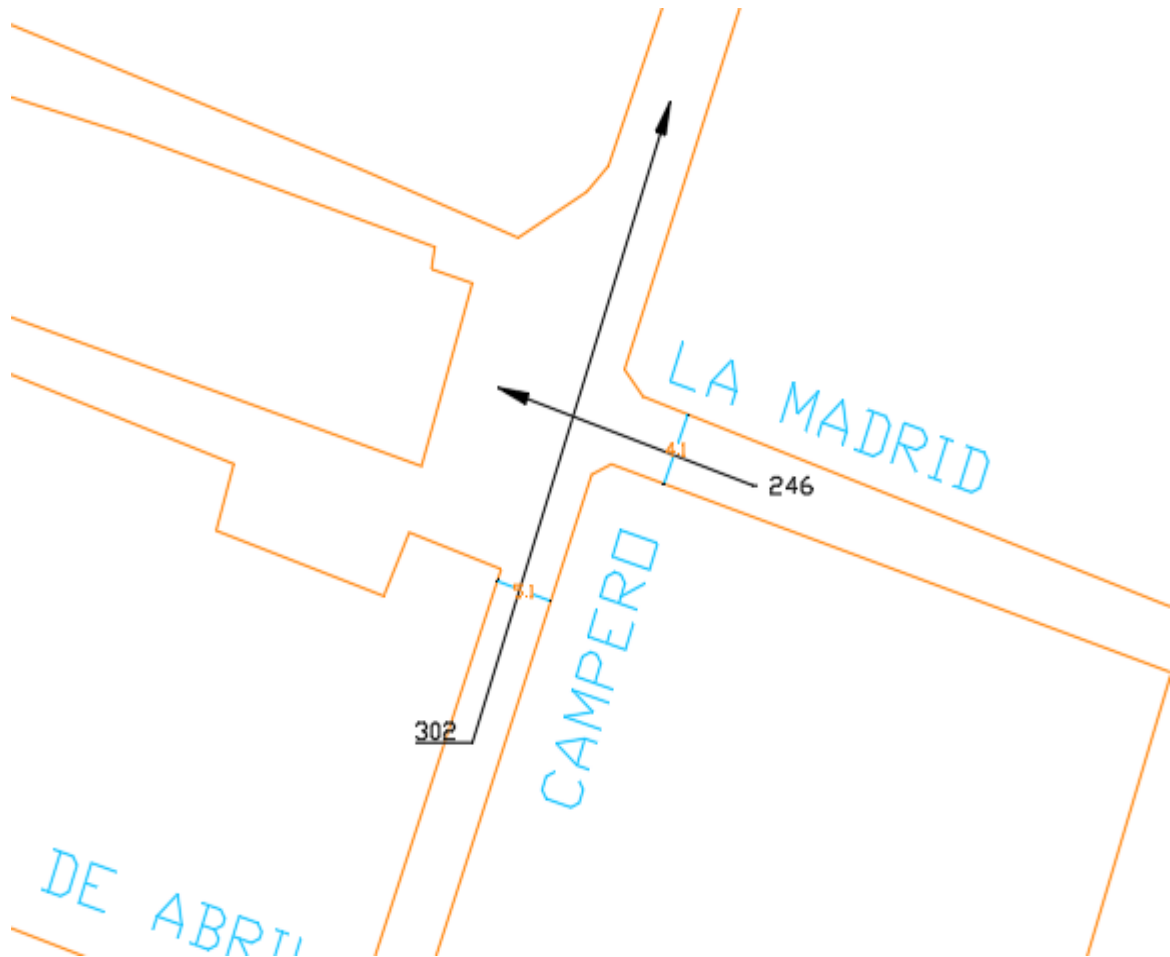
Esta intersección fue elegida para el estudio por el alto volumen vehicular que presenta en los dos accesos con un volumen de 450 vehículos en la calle Ingavi y 293 vehículos en la calle Sucre, por la presencia de dos bancos sobre la calle Sucre y es una zona comercial bastante concurrida.

Intersección 10 (Ingavi y Juan Misael Saracho)



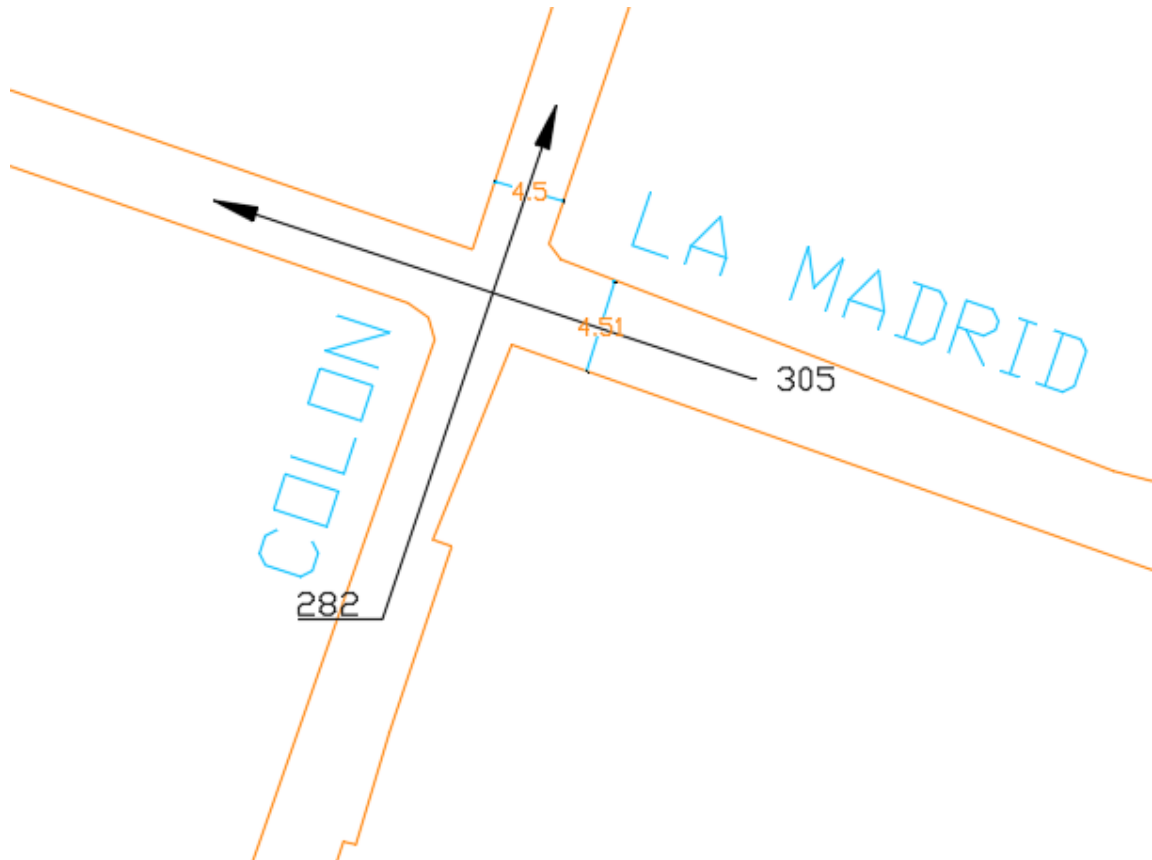
Esta intersección fue elegida para el estudio por el alto volumen vehicular que presenta en los dos accesos con un volumen de 235 vehículos en la calle Ingavi y 341 vehículos en la calle Juan Misael Saracho, también sobre la calle Juan Misael Saracho existen dos entradas principales el colegio Narciso Campero y el colegio San Luis.

Intersección 11 (Campero y La Madrid)



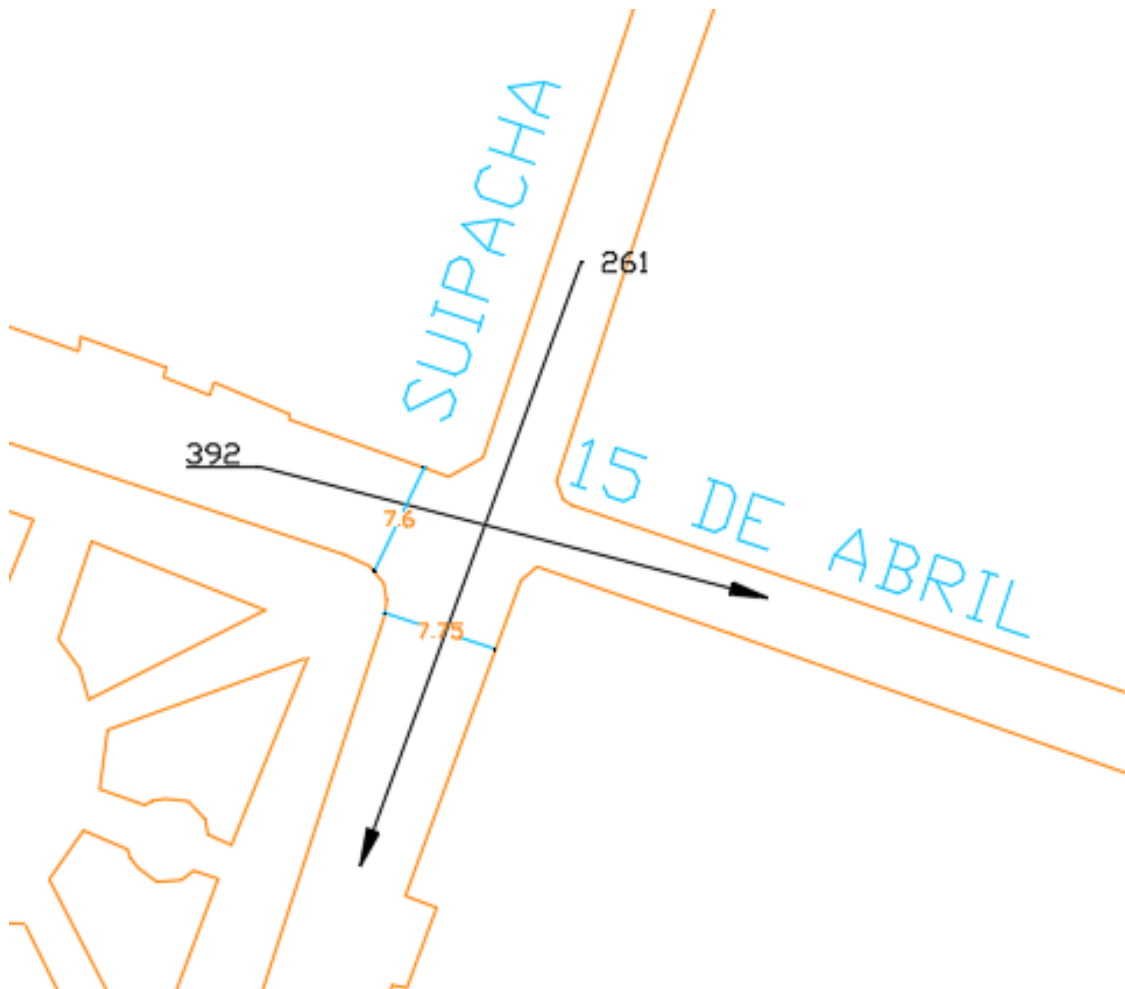
Esta intersección fue elegida para estudio por el alto volumen vehicular que presentan sus accesos, por la presencia de la iglesia Catedral y por el ingreso al colegio Aniceto Arce sobre la calle Madrid, la calle Madrid cuenta con un volumen de 246 vehículos y la calle Campero cuenta con un volumen de 302 vehículos.

Intersección 12 (Colon y La Madrid)



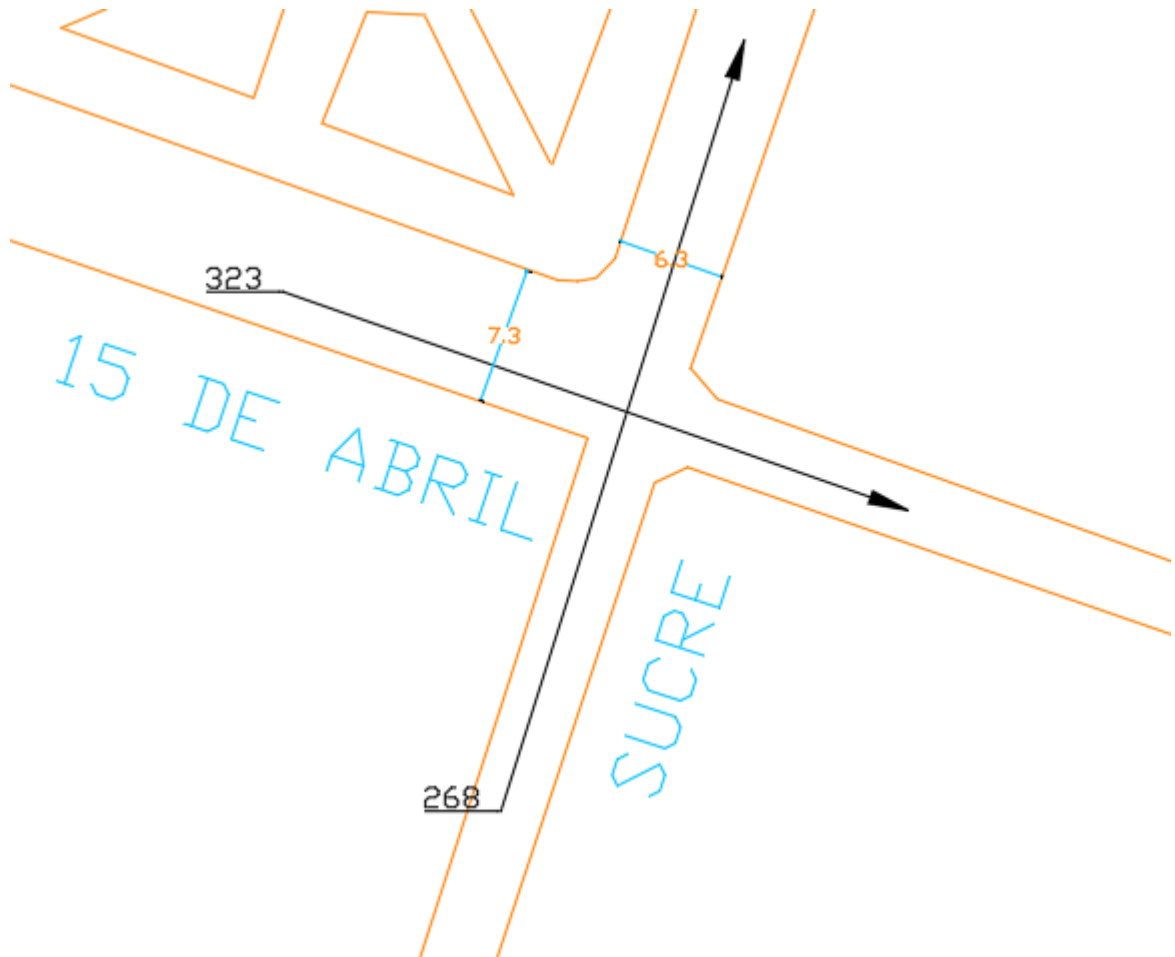
Esta intersección fue elegida para el estudio por su alto volumen vehicular de cada acceso teniendo en cuenta la presencia de vehículos medianos como los micros que pasan, la calle Madrid cuenta con un volumen de 305 vehículos y la calle Colon cuenta con un volumen de 282 vehículos.

Intersección 13 (Suipacha y 15 de abril)



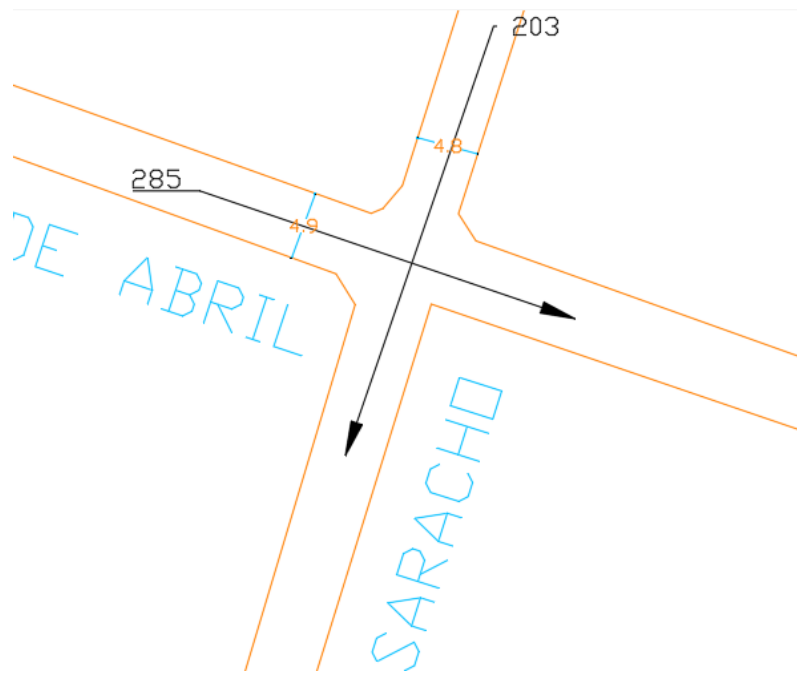
Esta intersección fue elegida para el estudio por su alto volumen vehicular y teniendo en cuenta la presencia de la plaza principal de la ciudad, la calle 15 de abril cuenta con un volumen de 392 vehículos y la calle Suipacha cuenta con 261 vehículos.

Intersección 14 (15 de abril y Sucre)



Esta intersección fue seleccionada para el estudio por el alto volumen de sus accesos y también por la presencia de la plaza principal de la ciudad, sus accesos cuentan con un volumen de 323 vehículos en la calle 15 de abril y 268 vehículos en la calle Sucre.

Intersección 15 (Juan Misael Saracho y 15 de abril)



Esta intersección fue seleccionada para el estudio por el alto volumen de sus accesos y que cuentan con un volumen de 286 vehículos en la calle 15 de abril y 203 vehículos en la calle Juan Misael Saracho, a su vez esta sobre la ruta del ingreso de varias líneas de micros hacia el centro de la ciudad.

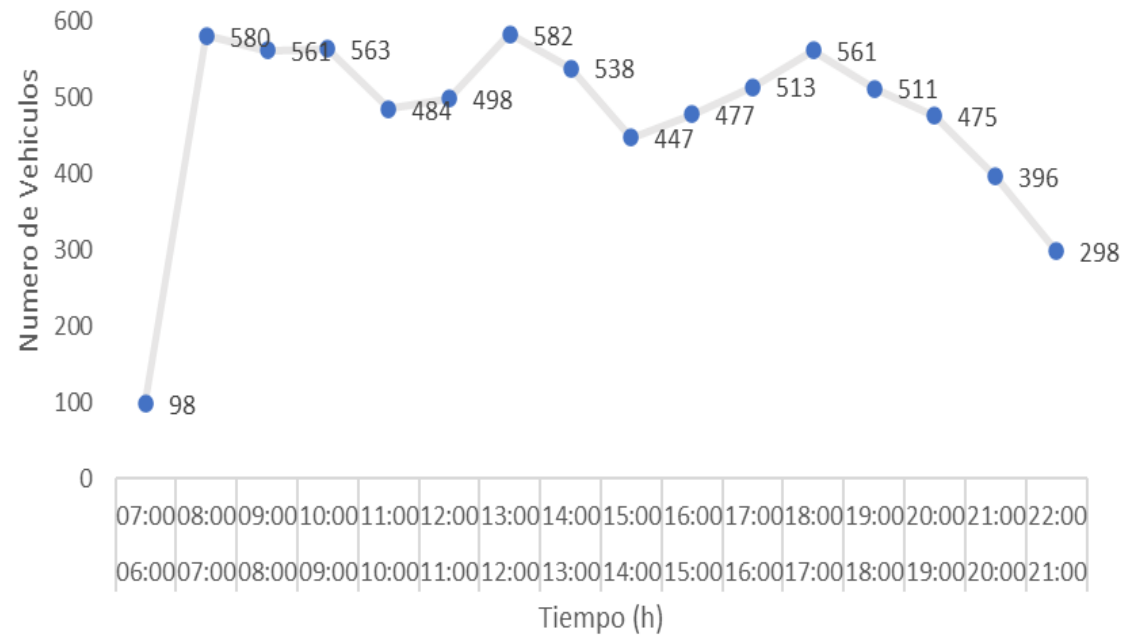
3.3 Aforo para determinar horas pico en el día:

Para la obtención de los horarios pico para este estudio, se realizó el aforo vehicular por un día desde las 07:00 a 22:00 hrs consecutivas en la zona más crítica, calle Sucre entre calle Bolívar.

Tabla 3.2. Resultados de horas pico calle Sucre y Bolívar.

HORAS		VEHICULOS
06:00	07:00	98
07:00	08:00	580
08:00	09:00	561
09:00	10:00	563
10:00	11:00	484
11:00	12:00	498
12:00	13:00	582
13:00	14:00	538
14:00	15:00	447
15:00	16:00	477
16:00	17:00	513
17:00	18:00	561
18:00	19:00	511
19:00	20:00	475
20:00	21:00	396
21:00	22:00	298

Figura 3.3. Histograma de horas pico



Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos ver en la tabla que los comportamientos del tráfico vehicular en la calle Sucre y Bolívar en distintas horas del día tienen las tres horas pico que servirá para hacer los aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular.

3.4 Aforos de volúmenes de un mes

En los aforos de volúmenes de un mes (anexo 1) se realizó tres días a la semana; 2 días hábiles como el día lunes y miércoles, y un día no hábil día sábado.

Se realizó el conteo de los vehículos livianos, vehículos medianos tanto públicos como privados, no se tomaron en cuenta vehículos pesados ya que en esta área de la ciudad no ingresan este tipo de vehículos, en cada intersección se tomó en cuenta los accesos de entrada a la intersección para hacer el aforo de cada acceso en giro izquierdo, giro derecho y de frente en las tres horas pico del día. Se utilizó el método manual para realizar el conteo de los vehículos ya que este método es el más completo porque toma en cuenta varias variables como ser el tipo de vehículo si es liviano, mediano y pesado o público y privado.

Para el procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso y de cada intersección se utilizó según la norma AASTHO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizó un rango de depuración óptimo para tener mejores resultados de aforos de vehículos. Las tablas de datos depurados se encuentran en el anexo.

Procesamientos de datos

Para el procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso y de cada intersección se utilizó según la norma AASTHO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizó un rango de depuración óptimo para

tener mejores resultados de aforos de vehículos. Las tablas de datos depurados se encuentran en el anexo B.

Tabla 3.3 Aforos intersección 1 (Juan Misael Saracho y Corrado)

		Acceso 1			Acceso 2		
		07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00	07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00
Primera semana	1er día hábil	144	150	192	170	203	203
	2do día hábil	151	146	183	162	190	184
	Día no hábil	108	117	150	123	139	145
Segunda semana	1er día hábil	155	164	194	180	202	196
	2do día hábil	140	154	192	170	208	196
	Día no hábil	104	114	146	123	155	143
Tercera semana	1er día hábil	148	157	200	166	193	193
	2do día hábil	150	156	178	168	210	192
	Día no hábil	111	113	133	128	158	157
Cuarta semana	1er día hábil	154	160	205	176	201	198
	2do día hábil	147	158	186	167	201	186
	Día no hábil	107	115	137	111	144	154

Fuente: Elaboración propia

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

Media aritmética:

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

Donde:

X= Media aritmética

Xi = Valores de la variable x

N = Número de valores observados

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum (Xj - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

X = Media aritmética

X_j = Valores de la variable x

N = Numero de observaciones.

Rango de depuración optima:

$$X \pm \sigma$$

Donde:

X= Media aritmética

σ = Desviación estándar

Media	135	142	175	154	184	179
Desviación	21	21	26	25	27	22
Rango	156	163	200	178	210	201
	114	121	149	129	157	157

Volúmenes totales

Media	149	154	187	168	196	188
Media total	163			184		

Luego de realizar la depuración con las fórmulas aritméticas en la intersección 1 (calle Juan Misael Saracho y calle Corrado) se obtuvo los volúmenes totales de cada acceso dando como resultados de 163 vehículos en la calle Juan Misael Saracho y 184 vehículos en la calle Corrado.

Se realizó el mismo procedimiento para las siguientes 14 intersecciones donde se obtuvo diferentes resultados en cada acceso y se obtuvo a la vez los volúmenes totales donde se pudo evidenciar las intersecciones más críticas dentro del área de estudio, las tablas del cálculo de depuración se encuentran en el anexo B.

A continuación, se presenta una tabla resumen donde se puede observar el resultado de volúmenes totales de cada intersección

Tabla 3.4. Resumen de aforos por Intersecciones

Nº	Nombre de la intersección	Volumen (Veh/hr)	Volumen total (Veh/hr)
1	C./ Corrado	163	347
2	C./Juan Misael Saracho	184	
3	C./ Corrado	332	572
4	C./Gral. Trigo	240	
5	C./ Colón	323	699
6	C./Domingo Paz	377	
7	C./ Sucre	290	651
8	C./Domingo Paz	362	
9	C./ Colón	339	576
10	C./Virginio Lema	237	
11	C./Gral. Trigo	270	637
12	C./Bolívar	366	
13	C./Daniel Campos	322	752
14	C./Bolívar	430	
15	C./Ingavi	450	743
16	C./Sucre	293	
17	C./Ingavi	302	556
18	C./Suipacha	254	
19	C./Ingavi	235	575
20	C./Juan Misael Saracho	341	
21	C./Campero	302	548
22	C./La Madrid	246	
23	C./Colón	282	587
24	C./La Madrid	305	
25	C./Suipacha	261	653
26	C./15 de abril	392	
27	C./15 de abril	323	591
28	C./Sucre	268	
29	C./Juan Misael Saracho	203	488
30	C./15 de abril	285	

Fuente: Elaboración propia

3.4. Porcentaje de vehículos de giro derecho y giro izquierdo

Tabla 3.5. Tabla de porcentajes de giros acceso 1

Interseccion		Acceso 1						
		Frente (%)	Giro Izq.(%)	Giro der.(%)	Frente (Veh/hr)	Giro Izq.(Veh/hr)	Giro der.(Veh/hr)	Total (Veh/hr)
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	47	53	0	77	86	0	163

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6. Tabla de porcentajes de giros acceso 2

Interseccion		Acceso 2						
		Frente (%)	Giro Izq.(%)	Giro der.(%)	Frente (Veh/hr)	Giro Izq.(Veh/hr)	Giro der.(Veh/hr)	Total (Veh/hr)
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	84	0	16	155	0	29	184

Fuente: Elaboración propia

En las tablas se pueden observar los porcentajes de giros de cada acceso como ser la calle Corrado y la calle Juan Misael Saracho.

En el acceso uno se tienen de frente 47% y 53 % en giro izquierdo, mientras que en el acceso dos se tiene de frente 84% y 16% en giro derecho.

Se hizo el cálculo para cada una de las intersecciones y cada acceso para obtener sus porcentajes de giros.

A continuación, se obtuvo una tabla resumen:

Tabla 3.7. Resumen acceso 1

Interseccion		Acceso 1						
		Frente (%)	Giro Izq.(%)	Giro der.(%)	Frente (Veh/hr)	Giro Izq.(Veh/hr)	Giro der.(Veh/hr)	Total (Veh/hr)
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	47	53	0	77	86	0	163
2	C./ Corrado - C./Gral. Trigo	44	56	0	146	186	0	332
3	C./ Colón -C./Domingo Paz	66	0	34	213	0	110	323
4	C./ Sucre -C./Domingo Paz	52	0	48	151	0	139	290
5	C./ Colón -C./Virginio Lema	66	34	0	224	115	0	339
6	C./Gral. Trigo-C./Bolívar	72	0	28	194	0	76	270
7	C./Daniel Campos-C./Bolívar	64	0	36	206	0	116	322
8	C./Ingavi-C./Sucre	75	24	0	338	108	0	450
9	C./Ingavi-C./Suipacha	68	0	32	205	0	97	302
10	C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho	65	0	35	153	0	82	235
11	C./Campero-C./La Madrid	78	22	0	236	66	0	302
12	C./Colón-C./La Madrid	71	0	29	200	0	82	282
13	C./Suipacha-C./15 de abril	70	30	0	183	78	0	261
14	C./15 de abril- C./Sucre	62	38	0	200	123	0	323
15	C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril	52	48	0	106	97	0	203

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7. Resumen acceso 2

Interseccion		Acceso 2						
		Frente (%)	Giro Izq.(%)	Giro der.(%)	Frente (Veh/hr)	Giro Izq.(Veh/hr)	Giro der.(Veh/hr)	Total (Veh/hr)
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	84	0	16	155	0	29	184
2	C./ Corrado - C./Gral. Trigo	73	27	0	175	65	0	240
3	C./ Colón -C./Domingo Paz	69	31	0	260	117	0	377
4	C./ Sucre -C./Domingo Paz	82	18	0	297	65	0	362
5	C./ Colón -C./Virginio Lema	65	0	35	154	0	83	237
6	C./Gral. Trigo-C./Bolívar	48	52	0	176	190	0	366
7	C./Daniel Campos-C./Bolívar	72	28	0	310	120	0	430
8	C./Ingavi-C./Sucre	67	0	33	196	0	97	293
9	C./Ingavi-C./Suipacha	67	33	0	170	84	0	254
10	C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho	56	44	0	191	150	0	341
11	C./Campero-C./La Madrid	48	0	52	118	0	128	246
12	C./Colón-C./La Madrid	54	0	46	165	0	140	305
13	C./Suipacha-C./15 de abril	74	0	26	290	0	102	392
14	C./15 de abril- C./Sucre	59	0	41	158	0	110	268
15	C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril	81	0	19	231	0	54	285

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procesamiento para la recolección de datos de velocidad

Para el cálculo de la velocidad de punto se realizó los aforos de los tiempos después que se terminó los aforos de los volúmenes. Se realizó también durante 4 semanas en los mismos días y horas que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Los datos de los tiempos aforados se encuentran en el (anexo C); con esos tiempos se calculó la velocidad de punto en (km/h) según la norma AASHTO.

Tabla 3.8. Datos de aforo velocidad

		Tiempos (seg)					
		Acceso 1			Acceso 2		
		07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00	07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00
1 SEMANA	1er día hábil	8,9	5,51	7,57	8,09	7,57	7,8
		5,7	5,2	7,24	7,97	7,84	6,95
		9,4	5,43	8,11	7,26	7,18	7,55
		6,3	6,01	7,03	7,64	7,56	7,23
		5,55	5,32	8,18	8,18	7,26	7,12
	2do día hábil	6,01	5,86	7,18	7,42	8,13	7,52
		5,32	5,08	7,64	7,86	7,06	7,19
		5,86	8,07	8,01	7,19	8,21	7,95
		5,08	7,95	6,98	7,59	7,19	6,89
		5,51	7,24	7,77	7,28	7,65	8,11
	Día no hábil	5,2	4,76	6,94	8,14	8,04	7,13
		5,43	5,77	7,59	7,07	7,02	7,51
		5,81	6,02	7,2	8,22	7,83	7,93
		5,11	5,33	7,92	7,2	7,77	6,88
		6,07	5,87	6,87	7,66	6,89	8,16
2 SEMANA	1er día hábil	5,95	5,1	7,72	8,05	7,51	7,16
		5,24	7,24	6,86	7,03	7,21	7,54
		5,62	8,11	7,51	7,84	8,08	7,15
		6,16	7,03	7,16	6,99	6,88	7,53
		5,41	7,56	7,99	7,61	8,14	7,95
	2do día hábil	5,89	7,95	6,85	7,25	7,14	6,88
		5,18	5,81	8,11	8,05	7,52	7,77
		5,58	5,05	7,11	7,03	7,94	7,22
		5,27	6	7,5	8,11	6,87	8,09
		6,13	7,21	7,91	7,02	7,76	6,89
	Día no hábil	5,06	8,08	8,08	8,2	6,86	8,15
		6,21	6,88	7,96	7,18	7,57	8,9
		5,19	8,14	7,24	7,57	4,91	5,57
		5,65	7,14	7,62	7,99	5,78	5,99
		7,6	7,52	8,17	6,97	4,9	5,97

3 SEMANA	1er día hábil	7,4	7,94	5,61	5,26	5,51	5,26
		7,8	6,87	5,25	5,64	5,22	5,64
		8,5	7,76	6,11	6,18	6,09	6,18
		7,43	6,86	7,79	4,8	4,89	5,42
		7,75	7,4	6,94	5,1	5,28	5,86
	2do día hábil	7,2	7,79	7,54	7,6	6,14	5,19
		8,05	7,53	7,22	6,89	5,01	5,59
		7,9	7,95	8,09	7,75	8,08	5,15
		7,22	6,9	6,91	6,88	7,96	5,53
		7,63	7,39	8,15	7,51	7,25	5,95
	Día no hábil	8,14	7,84	7,15	7,19	7,63	4,9
		7,49	7,17	7,53	7,98	8,17	5,77
		7,72	7,57	7,95	7,55	7,4	4,89
		7,15	7,17	7,84	7,2	7,85	5,51
		8,08	7,56	6,99	7,96	7,18	5,21
4 SEMANA	1er día hábil	6,97	7,98	7,61	6,98	7,58	6,08
		8,16	7,2	7,25	8,12	7,27	4,88
		7,15	8,09	8,11	7,15	8,13	6,12
		7,56	7,97	7,02	7,54	7,06	7,53
		7,95	7,25	8,2	7,94	8,21	7,95
	2do día hábil	6,93	7,63	7,18	6,93	7,19	6,88
		7,74	8,18	7,56	7,75	5,94	7,77
		6,9	7,58	7,99	7,47	6,13	6,87
		7,54	7,85	6,97	7,76	5	7,41
		7,17	7,19	7,8	7,11	6,17	7,8
	Día no hábil	8,05	7,57	6,95	7,53	5,16	7,19
		6,89	7,27	7,55	7,22	5,55	5,87
		8,13	7,43	6,87	7,98	5,97	5,92
		7,12	7,81	7,58	7,03	4,95	6,91
		7,52	7,21	7,79	8,14	5,77	7,78

Con los datos tomados para la velocidad, se realiza el procesamiento, mediante el mismo procedimiento usado para el parámetro de volumen vehicular.

Tabla 3.9. Datos de aforo procesados semana 1-semana 4

		Tiempo(km)					
		Acceso 1			Acceso 2		
		07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00	07:00-08:00	12:00-13:00	18:00-19:00
1 SEMANA	1er día hábil	32,04	19,84	27,25	29,12	27,25	28,08
		20,52	18,72	26,06	28,69	28,22	25,02
		33,84	19,55	29,20	26,14	25,85	27,18
		22,68	21,64	25,31	27,50	27,22	26,03
		19,98	19,15	29,45	29,45	26,14	25,63
	2do día hábil	21,64	21,10	25,85	26,71	29,27	27,07
		19,15	18,29	27,50	28,30	25,42	25,88
		21,10	29,05	28,84	25,88	29,56	28,62
		18,29	28,62	25,13	27,32	25,88	24,80
		19,84	26,06	27,97	26,21	27,54	29,20
	Día no hábil	18,72	17,14	24,98	29,30	28,94	25,67
		19,55	20,77	27,32	25,45	25,27	27,04
		20,92	21,67	25,92	29,59	28,19	28,55
		18,40	19,19	28,51	25,92	27,97	24,77
		21,85	21,13	24,73	27,58	24,80	29,38

2 SEMANA	1er día hábil	21,42	18,36	27,79	28,98	27,04	25,78
		18,86	26,06	24,70	25,31	25,96	27,14
		20,23	29,20	27,04	28,22	29,09	25,74
		22,18	25,31	25,78	25,16	24,77	27,11
		19,48	27,22	28,76	27,40	29,30	28,62
	2do día hábil	21,20	28,62	24,66	26,10	25,70	24,77
		18,65	20,92	29,20	28,98	27,07	27,97
		20,09	18,18	25,60	25,31	28,58	25,99
		18,97	21,60	27,00	29,20	24,73	29,12
		22,07	25,96	28,48	25,27	27,94	24,80
	Día no hábil	18,22	29,09	29,09	29,52	24,70	29,34
		22,36	24,77	28,66	25,85	27,25	32,04
		18,68	29,30	26,06	27,25	17,68	20,05
		20,34	25,70	27,43	28,76	20,81	21,56
		27,36	27,07	29,41	25,09	17,64	21,49
3 SEMANA	1er día hábil	26,64	28,58	20,20	18,94	19,84	18,94
		28,08	24,73	18,90	20,30	18,79	20,30
		30,60	27,94	22,00	22,25	21,92	22,25
		26,75	24,70	28,04	17,28	17,60	19,51
		27,90	26,64	24,98	18,36	19,01	21,10
	2do día hábil	25,92	28,04	27,14	27,36	22,10	18,68
		28,98	27,11	25,99	24,80	18,04	20,12
		28,44	28,62	29,12	27,90	29,09	18,54
		25,99	24,84	24,88	24,77	28,66	19,91
		27,47	26,60	29,34	27,04	26,10	21,42
	Día no hábil	29,30	28,22	25,74	25,88	27,47	17,64
		26,96	25,81	27,11	28,73	29,41	20,77
		27,79	27,25	28,62	27,18	26,64	17,60
		25,74	25,81	28,22	25,92	28,26	19,84
		29,09	27,22	25,16	28,66	25,85	18,76
4 SEMANA	1er día hábil	25,09	28,73	27,40	25,13	27,29	21,89
		29,38	25,92	26,10	29,23	26,17	17,57
		25,74	29,12	29,20	25,74	29,27	22,03
		27,22	28,69	25,27	27,14	25,42	27,11
		28,62	26,10	29,52	28,58	29,56	28,62
	2do día hábil	24,95	27,47	25,85	24,95	25,88	24,77
		27,86	29,45	27,22	27,90	21,38	27,97
		24,84	27,29	28,76	26,89	22,07	24,73
		27,14	28,26	25,09	27,94	18,00	26,68
		25,81	25,88	28,08	25,60	22,21	28,08
	Día no hábil	28,98	27,25	25,02	27,11	18,58	25,88
		24,80	26,17	27,18	25,99	19,98	21,13
		29,27	26,75	24,73	28,73	21,49	21,31
		25,63	28,12	27,29	25,31	17,82	24,88
		27,07	25,96	28,04	29,30	20,77	28,01

Tabla 3.10. Datos de aforo procesados semana 1-semana 3

Media	24,28	25,21	26,73	26,51	24,84	24,34
Desviación	4,12	3,57	2,15	2,65	3,83	3,75
Rango	28,40	28,78	28,88	29,16	28,67	28,09
	20,16	21,64	24,58	23,86	21,01	20,59
Media	24,71	26,59	26,65	26,83	25,85	24,99
Media total	25,98			25,89		

Fuente: Elaboración propia

3.6 Determinación parámetro de la Densidad

Existen dos métodos para poder determinar el parámetro de la densidad, el que se uso fue el método directo ya que se dispone de todos los datos de cálculo precisos

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

Tabla 3.11. Determinación de densidad

Densidad vehicular en relacion al volumen y velocidad						
Nº	Nombre de la intersección	Acceso	Volumen (Veh/hr)	Velocidad (Km/Hr)	Densidad (Veh/Km)	Densidad de intersección
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	1	163	25,98	6,28	7,11
		2	184	25,89	7,11	

Fuente: Elaboración propia

3.7 Determinación de capacidad vial

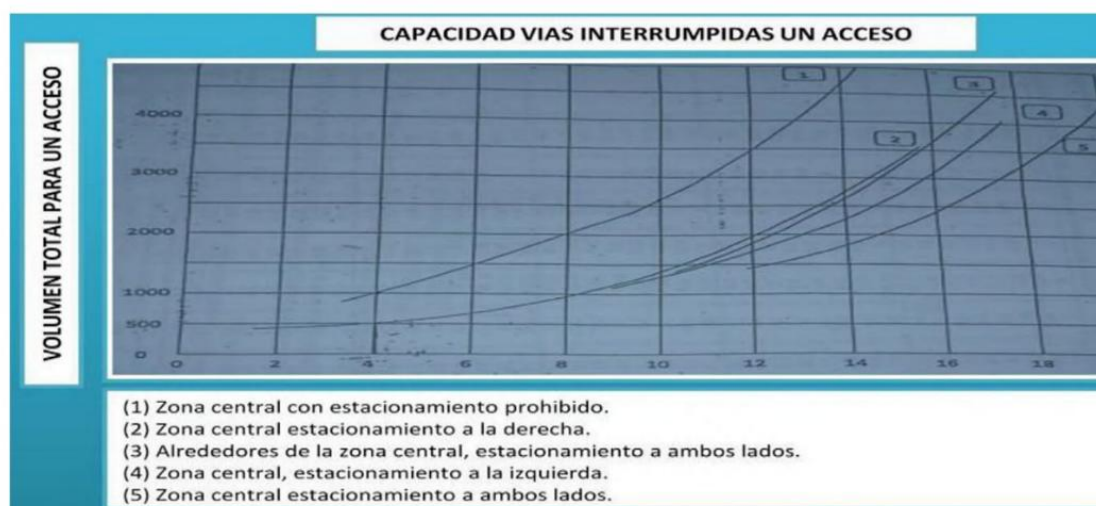
Para la determinación de la capacidad teórica como ejemplo tenemos la intersección de los accesos calle Corrado y calle Juan Misael Saracho donde los datos son el ancho de la calzada de cada acceso con el metodo HCM se analizó cada acceso que entra a la intersección que nos sirvió para el cálculo de capacidad de toda la intersección estudiada.

Tambien se usa de acuerdo al metodo la tabla de relacion que nos ayuda a determinar la capacidad teorica de la interseccion en estudio.

Tabla 3.12. Determinación de la capacidad teórica

INTERS. Nº	INTERSECCION	SENTIDOS	ANCHO DE CALZADA	Nº ACCESOS	ANCHO DE ACCESO	ANCHO DE ESTAC.	ANCHO PARA EL ABACO	CAPACIDAD TEORICA
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	1	4,13	1	4,13	1,8	2,33	485
		2	4,85	1	4,85	1,8	3,05	490

Fuente: Elaboración propia



3.8 Determinación de Nivel de Servicio

Para la determinación del nivel de servicio se requirieron los datos de la capacidad teórica, de factores, cálculo de la capacidad real, el volumen vehicular de cada acceso para así determinar de acuerdo al tipo de circulación y el índice de congestionamiento el nivel de servicio de cada acceso.

Tabla 3.13. Determinación de niveles de servicio

INTERS. N°	INTERSECCIÓN	CAPACIDAD TEÓRICA	F_{GI}	F_{GD}	F_{VP}	F_{PA}	CAPACIDAD REAL	VOLUMEN VEHICULAR	ÍNDICE DE CONGESTIONAMIENTO	NIVEL DE SERVICIO
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	485	0,8	1	1	1	349	163	0,47	D
		490	1	0,97	1	1	428	184	0,43	D

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de índice de congestionamiento:

$$I_c = \frac{VOLUMEN}{CAP. REAL}$$

Nivel de servicio	Tipo de circulación	Índice de congestionamiento
A	Libre	0,00
B	Estable	$0,00 < I_c \leq 0,10$
C	Estable	$0,10 < I_c \leq 0,30$
D	Casi inestable	$0,30 < I_c \leq 0,70$
E	Inestable	$0,70 < I_c \leq 1,00$
F	Forzada	$I_c > 1,00$

Obteniendo todos los datos necesarios se realizó el cálculo para cada intersección para así obtener el nivel de servicio de cada acceso, los resultados se encuentran en el anexo D.

CAPÍTULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1 Resultados de los parámetros

Tabla 4.1. Resultados de volúmenes

N°	Nombre de la intersección	Volumen (Veh/hr)	Volumen total (Veh/hr)
1	C./ Corrado	163	347
2	C./Juan Misael Saracho	184	
3	C./ Corrado	332	572
4	C./Gral. Trigo	240	
5	C./ Colón	323	699
6	C./Domingo Paz	377	
7	C./ Sucre	290	651
8	C./Domingo Paz	362	
9	C./ Colón	339	576
10	C./Virginio Lema	237	
11	C./Gral. Trigo	270	637
12	C./Bolívar	366	
13	C./Daniel Campos	322	752
14	C./Bolívar	430	
15	C./Ingavi	450	743
16	C./Sucre	293	
17	C./Ingavi	302	556
18	C./Suipacha	254	
19	C./Ingavi	235	575
20	C./Juan Misael Saracho	341	
21	C./Campero	302	548
22	C./La Madrid	246	
23	C./Colón	282	587
24	C./La Madrid	305	
25	C./Suipacha	261	653
26	C./15 de abril	392	
27	C./15 de abril	323	591
28	C./Sucre	268	
29	C./Juan Misael Saracho	203	488
30	C./15 de abril	285	

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Cuadros de resultados obtenidos

Tabla 4.2. Resultados de Velocidades

Nº	Nombre de la intersección	Velocidad (km/hr)	Velocidad total (km/hr)
1	C./ Corrado	25,98	25,94
2	C./Juan Misael Saracho	25,89	
3	C./ Corrado	19,77	19,40
4	C./Gral. Trigo	19,02	
5	C./ Colón	16,39	16,69
6	C./Domingo Paz	16,99	
7	C./ Sucre	19,85	17,95
8	C./Domingo Paz	16,04	
9	C./ Colón	19,44	18,93
10	C./Virginio Lema	18,42	
11	C./Gral. Trigo	18,67	18,26
12	C./Bolívar	17,84	
13	C./Daniel Campos	18,74	17,43
14	C./Bolívar	16,11	
15	C./Ingavi	18,57	18,41
16	C./Sucre	18,25	
17	C./Ingavi	19,76	19,68
18	C./Suipacha	19,60	
19	C./Ingavi	19,44	19,02
20	C./Juan Misael Saracho	18,60	
21	C./Campero	21,29	21,14
22	C./La Madrid	20,99	
23	C./Colón	16,93	17,91
24	C./La Madrid	18,89	
25	C./Suipacha	16,52	17,73
26	C./15 de abril	18,93	
27	C./15 de abril	18,47	17,63
28	C./Sucre	16,79	
29	C./Juan Misael Saracho	22,25	22,84
30	C./15 de abril	23,44	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3. Resultados de densidad

Densidad vehicular en relacion al volumen y velocidad						
Nº	Nombre de la intersección	Acceso	Volumen (Veh/hr)	Velocidad (Km/Hr)	Densidad (Veh/Km)	Densidad de intersección
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	1	163	25,98	6,28	7,11
		2	184	25,89	7,11	
2	C./ Corrado - C./Gral. Trigo	1	332	19,77	16,80	16,80
		2	240	19,02	12,59	
3	C./ Colón -C./Domingo Paz	1	323	16,39	19,69	22,17
		2	377	16,99	22,17	
4	C./ Sucre -C./Domingo Paz	1	290	19,85	14,60	22,55
		2	362	16,04	22,55	
5	C./ Colón -C./Virginio Lema	1	339	19,44	17,42	17,42
		2	237	18,42	12,86	
6	C./Gral. Trigo-C./Bolívar	1	270	18,67	14,47	20,54
		2	366	17,84	20,54	
7	C./Daniel Campos-C./Bolívar	1	322	18,74	17,18	26,69
		2	430	16,11	26,69	
8	C./Ingavi-C./Sucre	1	450	18,57	24,26	24,26
		2	293	18,25	16,04	
9	C./Ingavi-C./Suipacha	1	302	19,76	15,29	15,29
		2	254	19,60	12,97	
10	C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho	1	235	19,44	12,08	18,31
		2	341	18,60	18,31	
11	C./Campero-C./La Madrid	1	302	21,29	14,19	14,19
		2	246	20,99	11,72	
12	C./Colón-C./La Madrid	1	282	16,93	16,67	16,67
		2	305	18,89	16,13	
13	C./Suipacha-C./15 de abril	1	261	16,52	15,78	20,72
		2	392	18,93	20,72	
14	C./15 de abril- C./Sucre	1	323	18,47	17,49	17,49
		2	268	16,79	15,95	
15	C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril	1	203	22,25	9,12	12,15
		2	285	23,44	12,15	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Resultados de Capacidad teórica

INTERS. N°	INTERSECCION	SENTIDOS	ANCHO DE CALZADA	N° ACCESOS	ANCHO DE ACCESO	ANCHO DE ESTAC.	ANCHO PARA EL ABACO	CAPACIDAD TEORICA
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	1	4,13	1	4,13	1,8	2,33	485
		2	4,85	1	4,85	1,8	3,05	490
2	C./ Corrado - C./Gral. Trigo	1	4,53	1	4,53	1,8	2,73	490
		2	4,95	1	4,95	1,8	3,15	490
3	C./ Colón -C./Domingo Paz	1	4,49	1	4,49	1,8	2,69	487
		2	4,67	1	4,67	1,8	2,87	490
4	C./ Sucre -C./Domingo Paz	1	4,91	1	4,91	0	4,91	1200
		2	4,8	1	4,8	1,8	3	490
5	C./ Colón -C./Virginio Lema	1	6,9	1	6,9	1,8	5,1	600
		2	7,5	1	7,5	1,8	5,7	650
6	C./Gral. Trigo-C./Bolívar	1	4,61	1	4,61	1,8	2,81	470
		2	5,2	1	5,2	1,8	3,4	495
7	C./Daniel Campos-C./Bolívar	1	4,82	1	4,82	1,8	3,02	490
		2	4,3	1	4,3	1,8	2,5	450
8	C./Ingavi-C./Sucre	1	4,7	1	4,7	0	4,7	1200
		2	4,61	1	4,61	0	4,61	1150
9	C./Ingavi-C./Suipacha	1	5,5	1	5,5	1,8	3,7	495
		2	5,8	1	5,8	0	5,8	1350
10	C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho	1	5,32	1	5,32	1,8	3,52	495
		2	5,15	1	5,15	1,8	3,35	490
11	C./Campero-C./La Madrid	1	4,1	1	4,1	1,8	2,3	485
		2	5,1	1	5,1	0	5,1	1250
12	C./Colón-C./La Madrid	1	4,5	1	4,5	1,8	2,7	450
		2	4,51	1	4,51	1,8	2,71	450
13	C./Suipacha-C./15 de abril	1	7,75	1	7,75	1,8	5,95	700
		2	7,6	1	7,6	1,8	5,8	650
14	C./15 de abril- C./Sucre	1	7,3	1	7,3	1,8	5,5	600
		2	6,3	1	6,3	0	6,3	1600
15	C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril	1	4,8	1	4,8	1,8	3	490
		2	4,9	1	4,9	1,8	3,1	490

Fuente: Elaboración propia

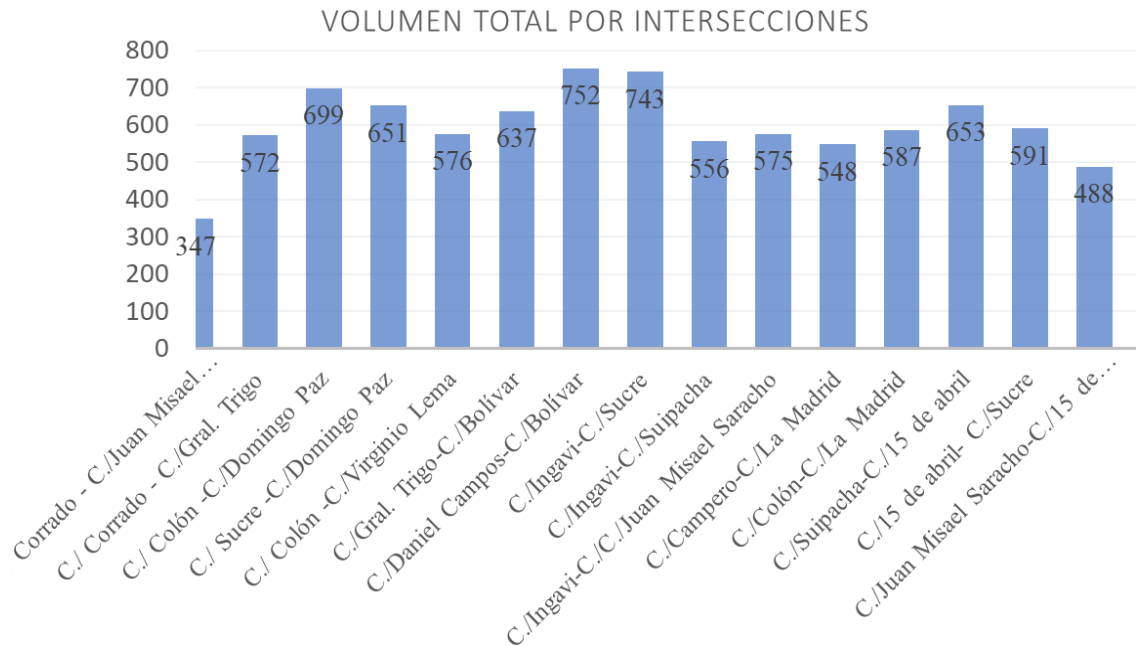
Tabla 4.5. Resultados de niveles de servicio

INTERS. N°	INTERSECCIÓN	ÍNDICE DE CONGESTIONAMIENTO	NIVEL DE SERVICIO
1	C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho	0,47	D
		0,43	D
2	C./ Corrado - C./Gral. Trigo	0,94	E
		0,68	D
3	C./ Colón -C./Domingo Paz	0,97	E
		1,19	F
4	C./ Sucre -C./Domingo Paz	0,34	D
		0,85	E
5	C./ Colón -C./Virginio Lema	0,78	E
		0,51	D
6	C./Gral. Trigo-C./Bolívar	0,80	E
		1,03	F
7	C./Daniel Campos-C./Bolívar	0,91	E
		1,47	F
8	C./Ingavi-C./Sucre	0,52	D
		0,35	D
9	C./Ingavi-C./Suipacha	0,85	E
		0,26	C
10	C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho	0,66	D
		0,97	E
11	C./Campero-C./La Madrid	0,86	E
		0,27	C
12	C./Colón-C./La Madrid	0,87	E
		0,94	E
13	C./Suipacha-C./15 de abril	0,52	D
		0,84	E
14	C./15 de abril- C./Sucre	0,75	E
		0,23	C
15	C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril	0,57	D
		0,68	D

Fuente: Elaboración propia

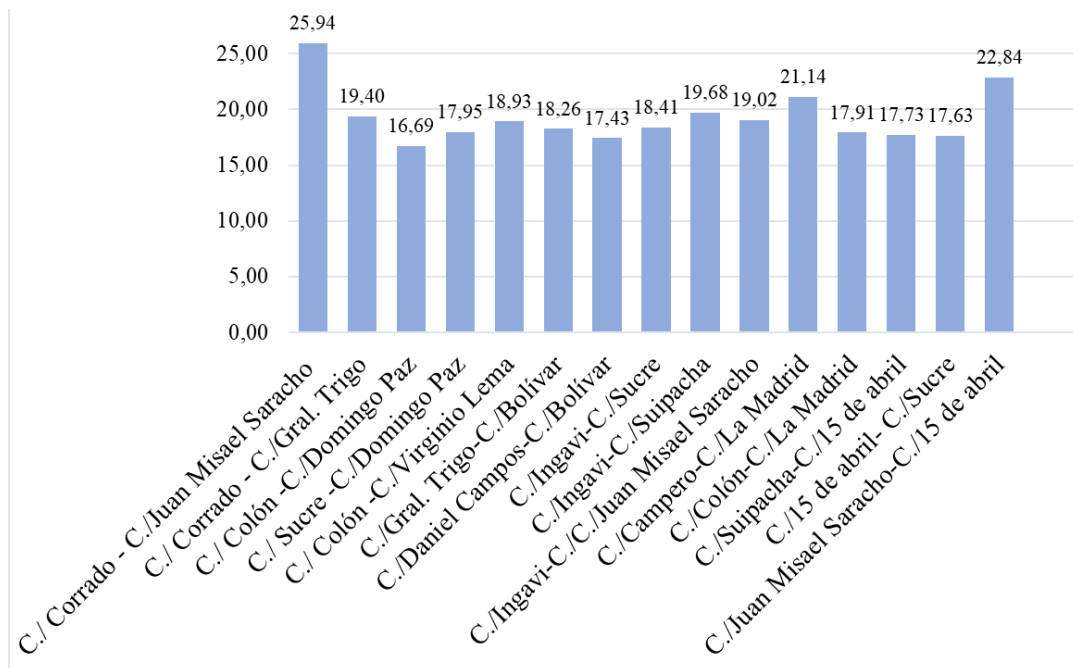
4.1.2 Gráficos de resultados obtenidos

Figura 4.1 Volumen total por intersecciones



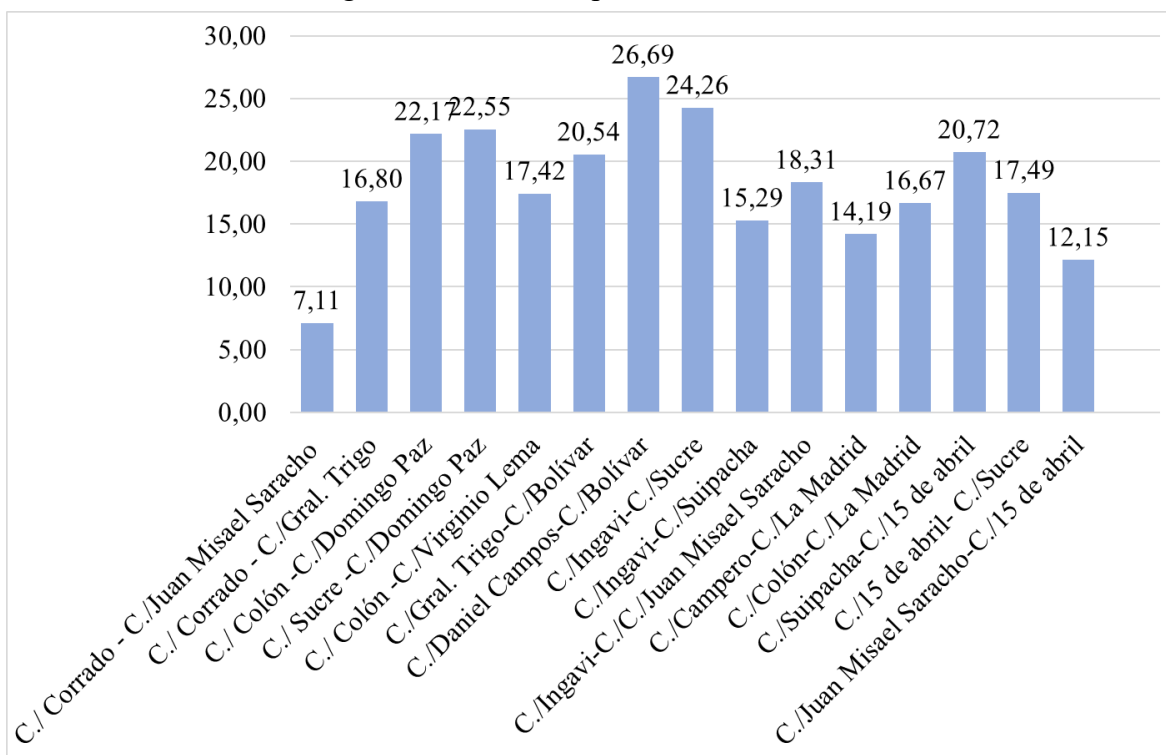
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2. Velocidad por intersecciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3. Densidad por intersecciones



Fuente: Elaboración propia

4.2 Análisis de los resultados obtenidos

Observando los resultados obtenidos se pudo evidenciar que, en el parámetro de volumen, las intersecciones con mayor volumen son:

- Calle Daniel Campos Y Calle Bolívar
- Calle Ingavi y Calle Sucre
- Calle Colón y calle Domingo Paz
- Calle Suipacha y calle 15 de abril

Siendo los puntos de mayor congestionamiento en horas pico, dando como resultado niveles de servicio D, E y F los cuales provocan tiempos de viaje prolongados, acumulación de vehículos en las vías, donde se ve conveniente implementar alternativas de soluciones necesarias para solucionar dicha problemática, estas intersecciones presentan una reducción en la velocidad vehicular debido al congestionamiento y al estar entre los 15 y 26 km/h esto indica que la vía está operando cerca de su capacidad máxima, debido a estos resultados obtenidos se podría mejorar la sincronización de semáforos para reducir tiempos de espera, implementar medidas para reducir la congestión (carriles de alta ocupación, carriles de autobús en algunos accesos, etc.), evaluar la posibilidad de ampliar la capacidad vial. En cuanto a los resultados obtenidos en el parámetro de la densidad se puede observar que presenta una densidad mayor en las intersecciones mencionadas, las cuales tienen un volumen vehicular elevado.

En cuanto al nivel de servicio obtenido mediante la capacidad vial que presentan estas intersecciones, se evidencia que en mayoría hay intersecciones con accesos con un nivel de servicio de tipo D, algunos accesos con un nivel de servicio E y un acceso de tipo de nivel de servicio F lo cual indica que sus niveles de congestión para esos accesos son críticos y se pudo evidenciar en la simulación la presencia de dicho congestionamiento vehicular.

De acuerdo a la definición de punto crítico también cabe destacar las intersecciones:

- Calle Sucre y Domingo Paz
- Calle Ingavi y Juan Misael Saracho

- Calle Campero y la Madrid
- Calle Colon y Virginio Lema

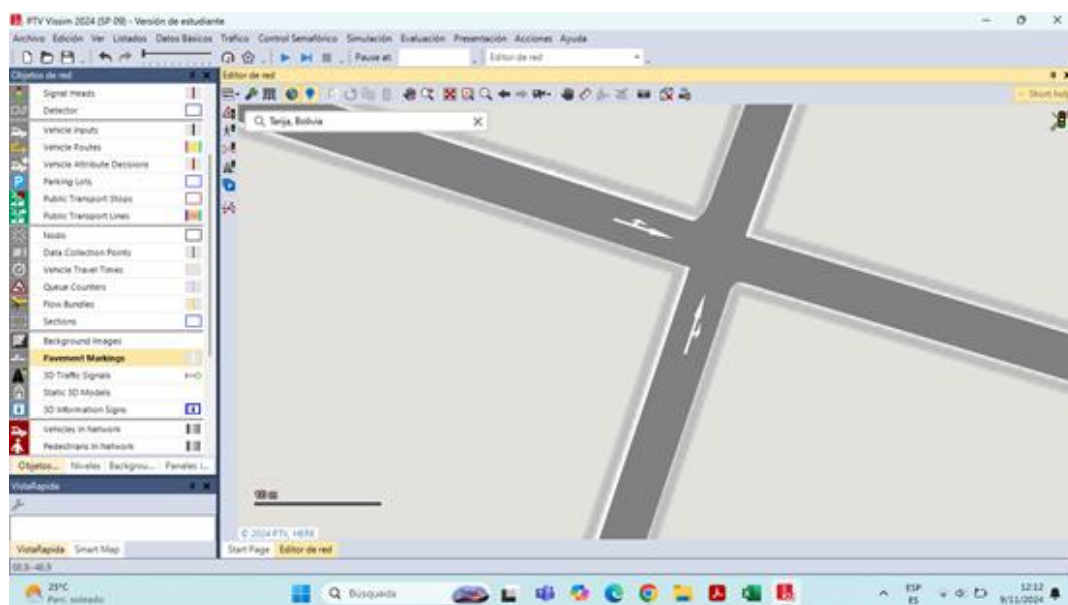
En cuanto a los semáforos existentes, se puede observar que cuentan con los ciclos que pueden ayudar a la mejor transpirabilidad de los vehículos en la zona, con un tiempo de ciclo de 46 segundos, 24 segundos en rojo, 3 en amarillo y 19 en verde.

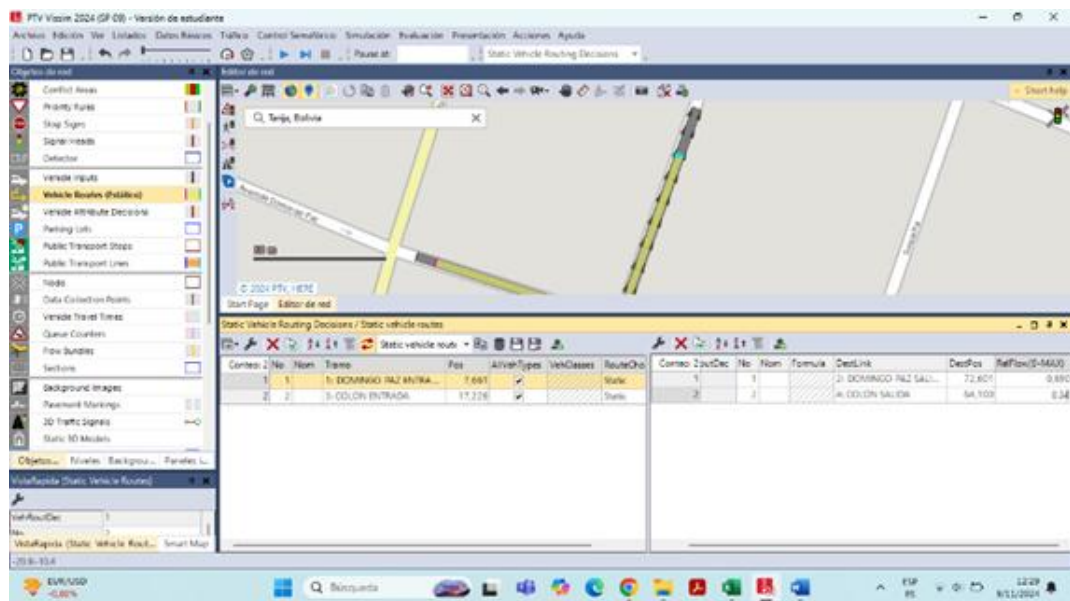
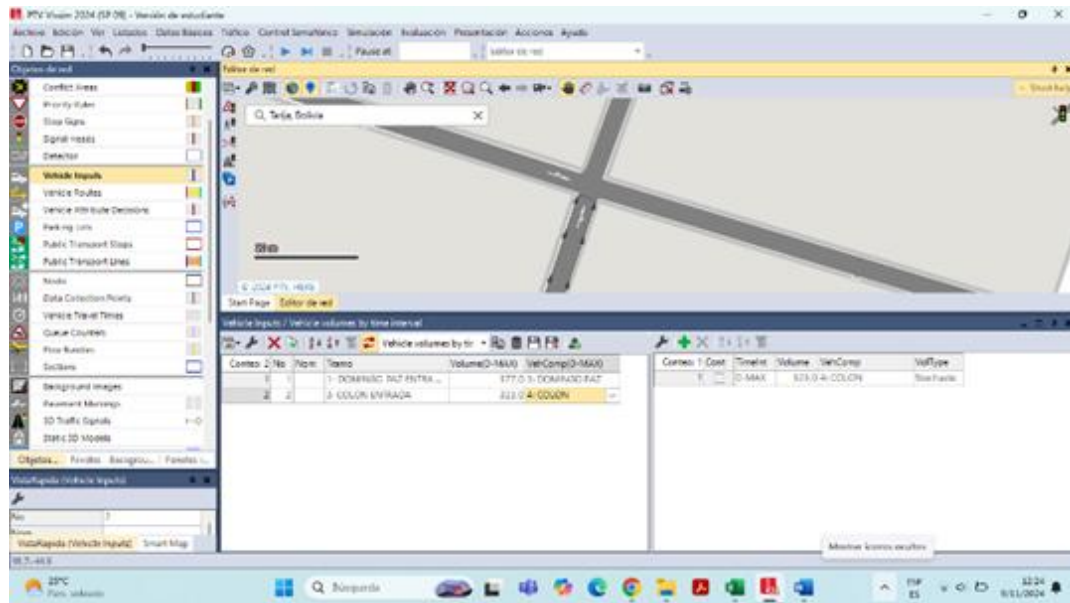
Simulación en software vissim

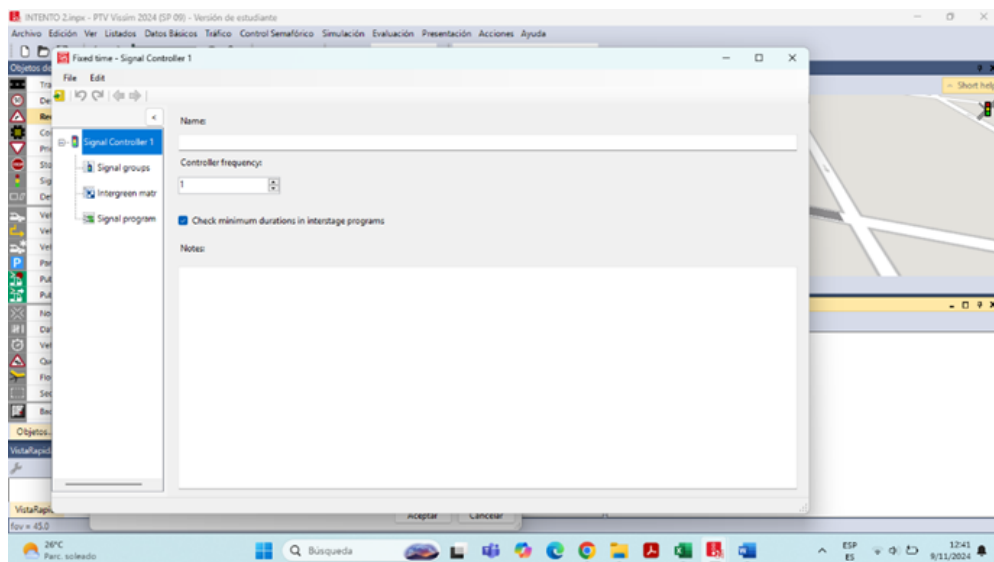
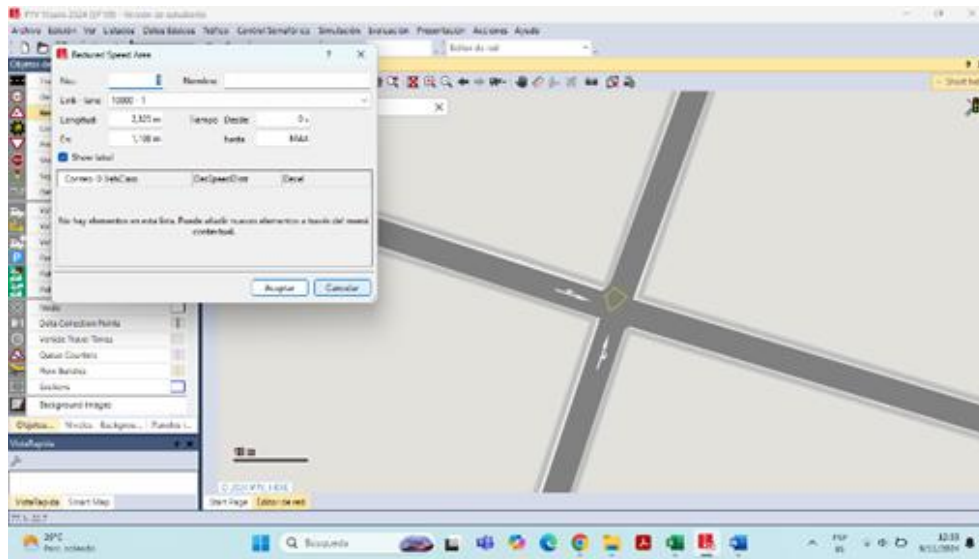
Para la simulación con el software PTV Vissim en su versión para estudiante se utilizó el volumen vehicular promedio, ya que los aforos vehiculares se realizaron en distintas fechas para las intersecciones en estudio, se tomaron en cuenta las 3 horas más típicas de cada intersección donde se genera mayor congestión vehicular (De 07:00 – 08:00, de 12:00 – 13:00 y de 18:00 – 19:00) para la intersección Colón – Bolívar.

Al realizar la construcción del modelo microscópico, se hizo la calibración correspondiente para que la simulación se asemeje bastante a la realidad, como puede verse el nivel de servicio en la micro simulación son prácticamente similares a los resultados obtenidos por el manual del HCM 2000, sin embargo, el modelo aun así presenta ciertas diferencias con la realidad, producto de causas que no pueden modelarse tal cual en una simulación.

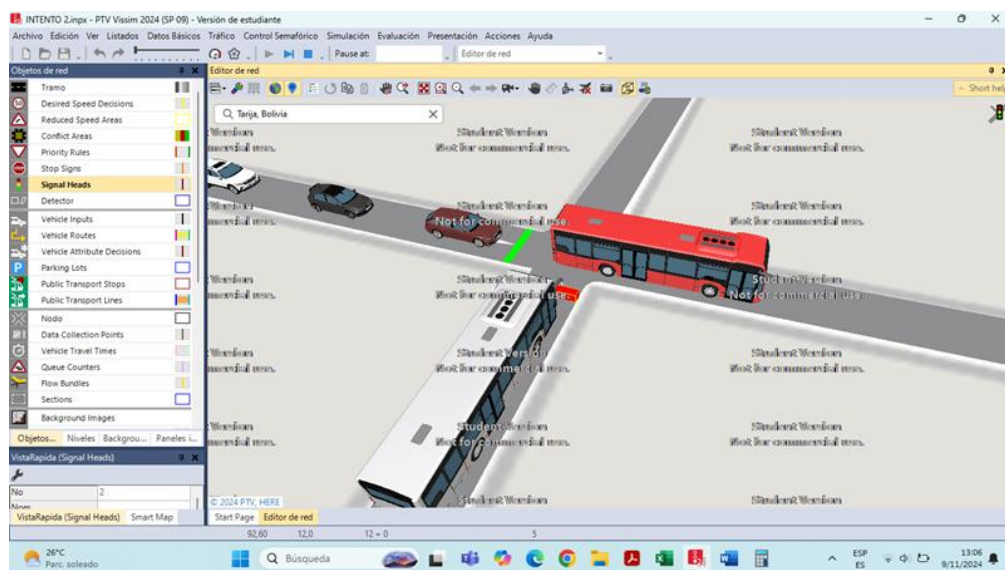
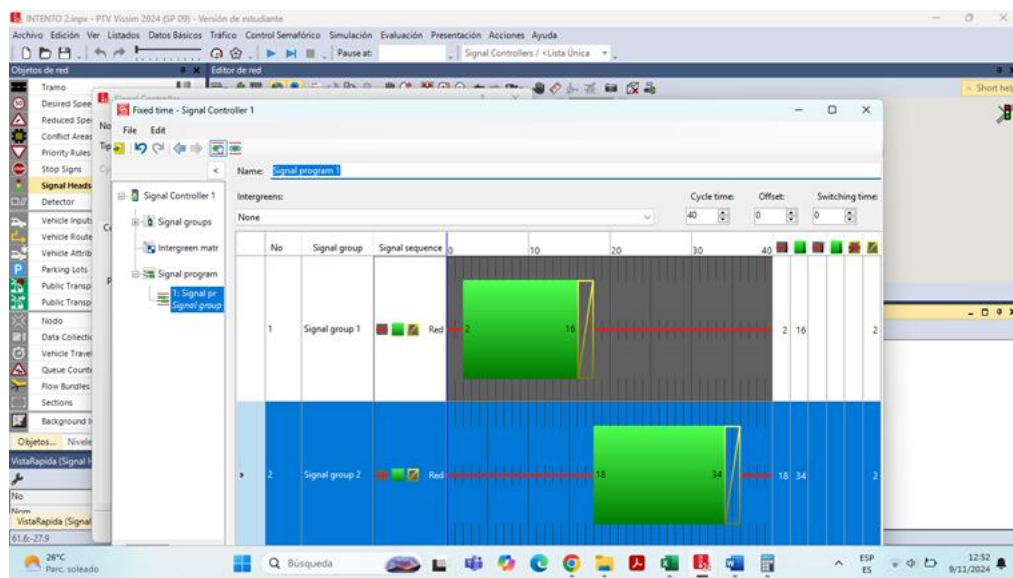
Calle Colon y calle Domingo Paz

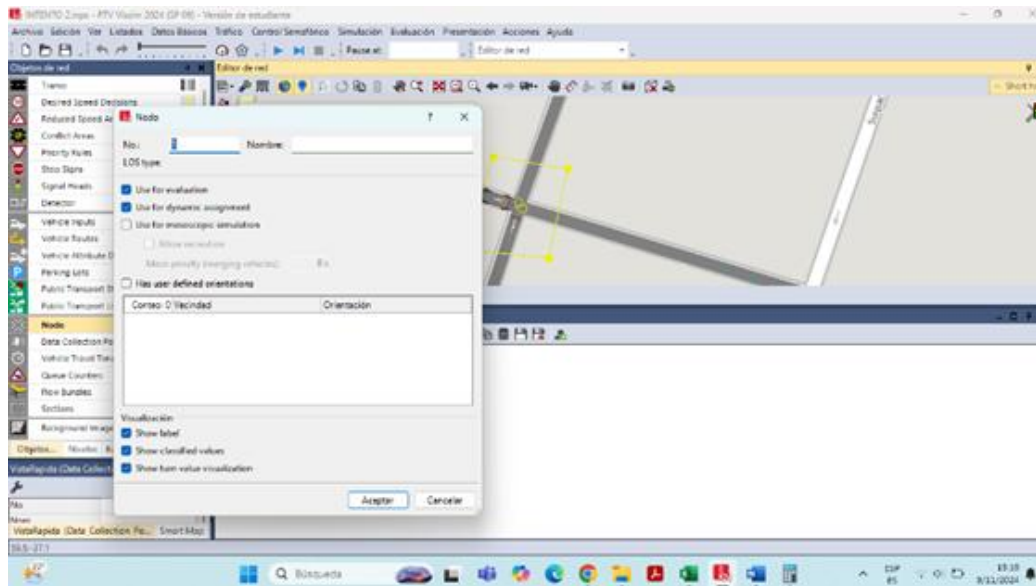
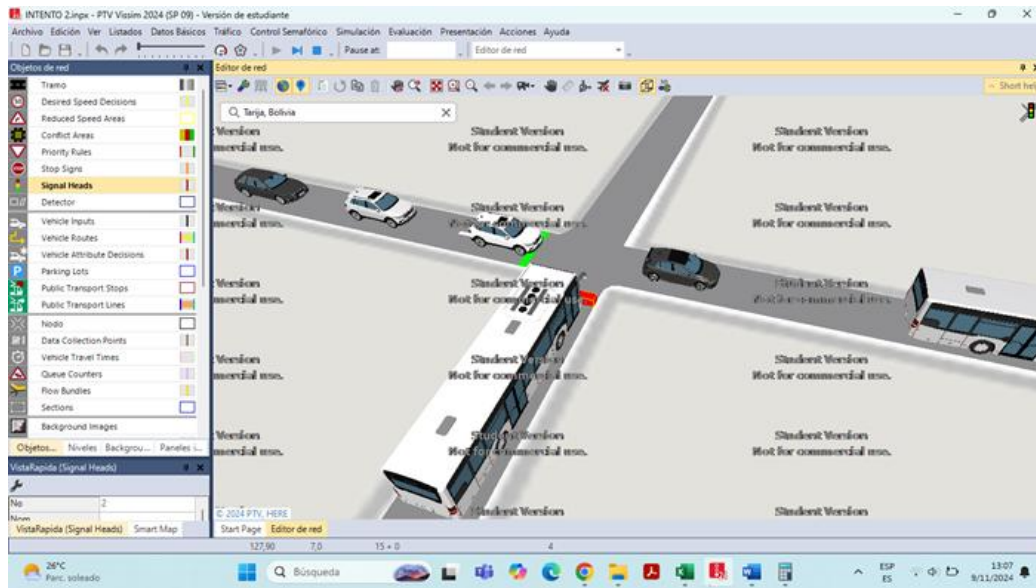


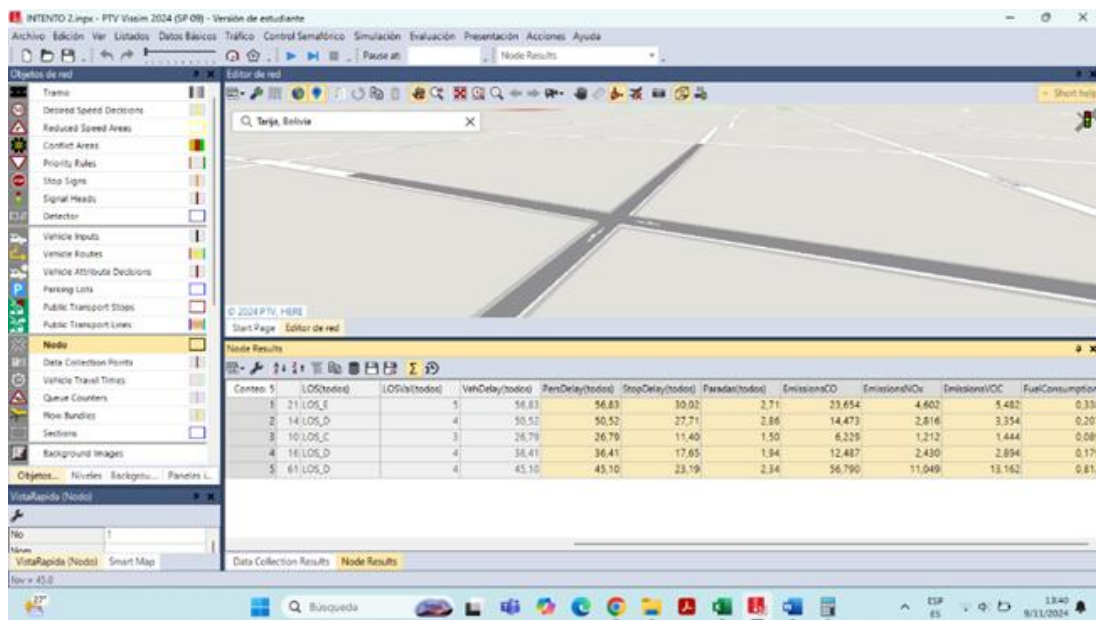
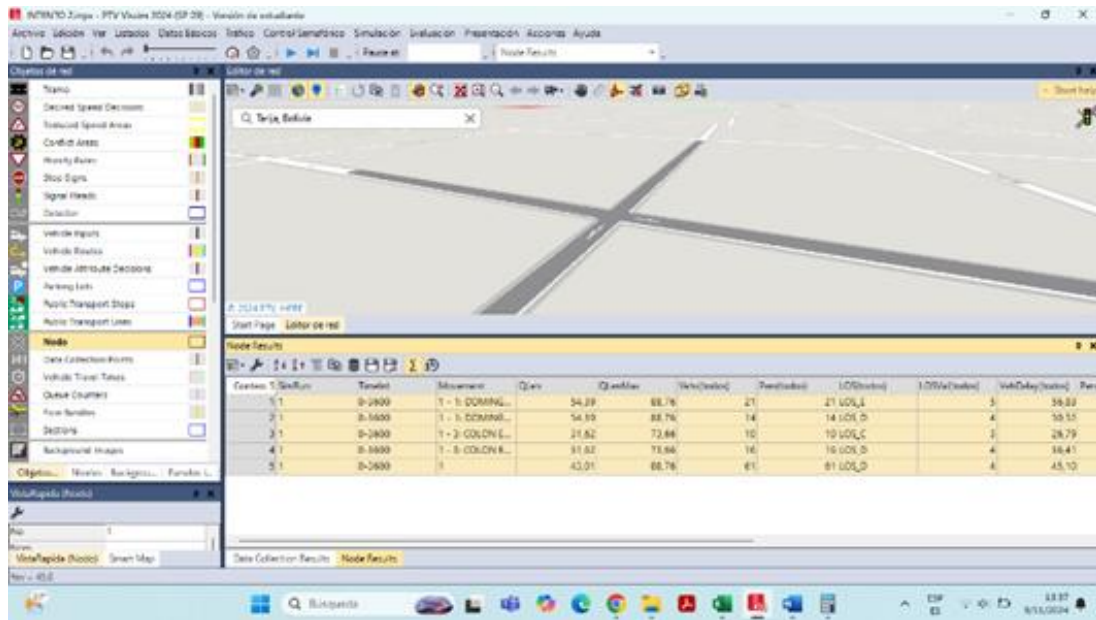




El registro de los tiempos semafóricos fue la base para definir los controladores. Para este caso fue preciso observar con cuidado el comportamiento de los grupos de señales, ya que los semáforos funcionan como líneas de alto se define la programación con base a los grupos de señales. También fue prescindible usar el tiempo de desfase de los semáforos para poder programar a lo largo del tiempo los ciclos semafóricos. A continuación, se muestra el diagrama ingresado a Vissim, correspondiente a cada intersección semaforizada.







Una vez realizada la simulación se puede observar en la tabla se muestra el volumen vehicular promedio para esta intersección y la comparativa de los niveles de servicio calculados y obtenidos por el programa.

Volumen	Comparativa de Niveles de servicio	
	Calculado	Programa Vissim
323	D	E
377	D	F

4.3. Alternativas y soluciones ante los problemas de tráfico vehicular

A partir de los resultados se pudo desarrollar alternativas de solución:

- Mantenimiento y actualización de señalización de tránsito.
- Mejor educación vial de los conductores de los vehículos que ingresan al centro de la ciudad.
- Reducción de líneas de micros por calles con un alto nivel comercial.
- Diseño de estacionamientos en calles menos concurridas.
- Control y seguimiento.
- Corredores exclusivos y reordenamiento de rutas
- Realizar todas las alternativas en conjunto.

4.3.1. Mantenimiento y actualización de señalización de tránsito

El mantenimiento de tránsito debe considerar las características específicas de cada calle, como el tipo de tráfico, la velocidad permitida y la presencia de elementos como cruces, intersecciones o zonas escolares donde es mayor el volumen de personas y vehículos en las diferentes horas pico de cada intersección

4.3.2 Diseño y actualización de semáforos

Se realizó la actualización de semáforo en la calle Campero y calle Madrid siendo esta una de las intersecciones más críticas del casco viejo por el mayor flujo vehicular y por qué presenta un nivel de servicio E y F, también porque se encuentra la iglesia Catedral y la transitabilidad de las personas es mayor.

Tabla 4.6. Diseño de semaforización calle Daniel Campos-calle Bolívar

Datos					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	322	Vol (veh/hr)	430	L. Veh (m)	6,1
Vel (m/s)	5,2	Vel (m/s)	4,475	t(s)	1
w(m)	4,82	w(m)	4,3	a(m/s2)	3,05
Long. Intersección	78,8	Long. Intersección	81,1		

Fuente: Elaboración propia

1.-Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 1

L int	Vel (m/s)	C(s)
78,8	5,2	15,15

Acceso 2

L int	Vel(m/s)	C(s)
81,1	4,475	18,12

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * A} \right) + \left(\frac{W + L \text{ veh}}{v} \right)$$

Vel (m/s)	a(m/s2)	L Veh (m)	w(m)	Y1	
5,2	3,05	6,1	4,82	1,74	2,10

A1=2

TR2=3

Vel (m/s)	a(m/s ²)	L Veh (m)	w(m)	Y2	
4,48	3,05	6,1	4,3	1,73	2,32

$$A_1=2$$

$$TR_2=4$$

Tiempos de pérdida (L):

A ₁	TR ₁	I ₁
2	4	6

A ₂	TR ₂	I ₂
2	3	5

I ₁	I ₂	L
6	5	11

Máxima relación de flujo (Y_i):

Donde: S = 1800 Veh/Hr para la semaforización según la norma HCM

$$Y_i = \frac{q_i}{s} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Y1	Y2
0,18	0,24

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo optimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i}$$

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * 11 + 5}{1 - (0,18 + 0,24)} = \frac{21,5}{0,58} = 37,06 \text{ seg}$$

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

Se asumirá el valor mínimo para acceso principal y secundario

Tam=	3	s
------	---	---

3) Determinación de fase rojo y verde

$$VA * tam * TVB - VB * tam * TVA = 0$$

$$966 * TVB - 1290 * TVA = 0 \dots\dots (I)$$

$$\text{Ciclo} = TVA + TVB + \text{tam}(\text{IDA}) + \text{tam}(\text{VUELTA})$$

$$\text{Ciclo} = TVA + TVB + 3 + 3 = 37.06$$

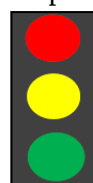
$$= TVA + TVB = 31 \dots\dots (II)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} -1290 TVA + 966 TVB = 0 \\ TVA + TVB = 31 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} TVA = 18 \text{ (Verde)} \\ TVB = 13 \text{ (Rojo)} \end{array}$$

4) Sistema de semaforización

Semaforo Principal



Rojo = 13
Amarillo = 3
Verde = 18
Ciclo = 37

Semaforo Secundario



Rojo = 17
Amarillo = 3
Verde = 14
Ciclo = 37

Ciclo 40 segundos		
19 segundos	3 seg	18 segundos
21 segundos		16 segundos 3 seg

Ciclo 37 segundos		
18 segundos	3 seg	13 segundos
17 segundos		14 segundos 3 seg

No se vio conveniente hacer la actualización en las demás intersecciones puesto que su tiempo de ciclo aun cumple con lo requerido, y mediante la simulación se pudo evidenciar que los semáforos de las intersecciones en estudio no son el verdadero problema.

4.3.3 Diseño de estacionamientos

El diseño de estacionamientos es fundamental en el área de estudio ya que es una zona comercial, educativa y laboral, permitiendo que los usuarios puedan acceder de manera fácil y segura a los establecimientos. Al diseñar los estacionamientos para el proyecto se tomó en cuenta la capacidad, para atender la demanda de los vehículos en horas pico, tomando en cuenta la señalización horizontal para delimitar los estacionamientos, cumpliendo las normativas en cuanto a dimensiones, espacios, señalización y accesibilidad.

Los estacionamientos están ubicados en lugares que se vio la necesidad de implementar debido a su actividad y donde no hay mucha circulación de vehículos para así evitar más el congestionamiento permitiendo tener un flujo libre.

Dimensión de estacionamiento



4.3.4 Control y seguimiento

Monitoreo y ajustes: Evaluar si la medida mejora el flujo y realizar ajustes según la demanda.

Fiscalización: Coordinar con la policía de tránsito para hacer cumplir la restricción y aplicar sanciones.

Concientización: Campañas para informar a conductores y comerciantes sobre los beneficios de la medida.

4.3.5 Corredores exclusivos y reordenamiento de rutas

En lugar de prohibir el ingreso de micros al centro, se pueden organizar en corredores exclusivos para mejorar su flujo y reducir su impacto en el tráfico general.

Reducción de número de líneas de micro en el centro de la ciudad

- Fusión de rutas: Agrupar líneas con recorridos similares para reducir la cantidad de micros que ingresan al centro.
- Desvío de líneas secundarias: Que solo las rutas más demandadas lleguen al centro, mientras que las otras conecten en estaciones periféricas.
- Establecer paradas fijas: Evitar que los micros se detengan en cualquier punto y así mejorar la fluidez del tránsito.

El beneficio es que menos micros circulando dentro del centro, lo que reduce la congestión sin afectar a los pasajeros.

Creación de rutas exclusivas para Micros

- Designar calles específicas dentro del centro donde solo puedan circular micros y transporte público.
- Prohibir que otros vehículos usen estos carriles, asegurando un flujo más rápido y menos interferencias.
- Implementar carriles preferenciales en calles de alto tránsito, permitiendo que los micros avancen sin congestión.

El beneficio es que se mantiene el transporte público, pero de manera más ordenada y eficiente.

Implementación de paradas de micros reguladas

- Construir paraderos bien distribuidos dentro del centro, evitando que los micros se detengan en cualquier lugar.
- Implementar zonas de ascenso y descenso rápido con tiempos límite para evitar aglomeraciones.
- Incorporar fiscalización para evitar que los micros se estacionen prolongadamente en las paradas.

Con esta implementación se reduce el caos de paradas improvisadas que bloquean el tráfico.

Control y Monitoreo

- Instalar cámaras y sensores para medir la velocidad y ocupación de los micros.
- Evaluar el flujo de pasajeros y hacer ajustes en tiempo real.
- Implementar multas o sanciones a choferes que no respeten las nuevas reglas.

Beneficio: Se mantiene el orden y se garantiza que la medida funcione a largo plazo.

Esta propuesta mantiene el transporte público en el centro, pero de manera más eficiente y sin saturar las calles. **Menos líneas, paradas ordenadas y carriles exclusivos** logran reducir la congestión sin afectar a los pasajeros.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al realizar el estudio en las intersecciones y analizar los resultados obtenidos en los parámetros se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Se identificó las intersecciones conflictivas en el casco viejo de la ciudad de Tarija para así poder ser analizadas.

C./ Corrado - C./Juan Misael Saracho
C./ Corrado - C./Gral. Trigo
C./ Colón -C./Domingo Paz
C./ Sucre -C./Domingo Paz
C./ Colón -C./Virginio Lema
C./Gral. Trigo-C./Bolívar
C./Daniel Campos-C./Bolívar
C./Ingavi-C./Sucre
C./Ingavi-C./Suipacha
C./Ingavi-C./C./Juan Misael Saracho
C./Campero-C./La Madrid
C./Colón-C./La Madrid
C./Suipacha-C./15 de abril
C./15 de abril- C./Sucre
C./Juan Misael Saracho-C./15 de abril

- Se realizó el aforo vehicular de volumen por el método manual, para determinar horas pico, y tomar datos para el cálculo de los parámetros de estudio. Dando como resultado las horas pico que se presentan en la zona son **07: 00 a 08:00** por la mañana, de **12:00 a 13:00** al medio día y de **18:00 a 19:00** por la noche, se concluye que las horas mencionadas son las mismas horas de ingreso a las fuentes laborales, las unidades educativas que se encuentran dentro del área de estudio lo cual origina un aumento de volumen en las horas mencionadas.

- Se recopiló la información necesaria mediante aforos para el cálculo de parámetros como ser volumen vehicular, velocidad, densidad, capacidad y nivel de servicio.
- Se analizó el parámetro de volumen vehicular dando como resultado que existen zonas con mayor flujo vehicular, como se menciona en el análisis de resultados, donde se vio convenientes que en dichas intersecciones se apliquen medidas, desarrollando alternativas de solución, las intersecciones de mayor volumen las cuales son:

Calle Colon y Domingo Paz

Calle Daniel Campos y Bolívar

Calle Ingavi y Sucre

- De cada intersección se determinó las capacidades y los niveles de servicio de cada acceso tomando en cuenta los criterios de cada parámetro mencionados en el marco teórico.
- Se realizó la simulación de las intersecciones críticas del área en estudio para así entender mejor visualmente el comportamiento de tráfico, y hacer un análisis de cada intersección de acuerdo a los criterios de puntos críticos.
- Al realizar las simulaciones de cada intersección seleccionada se pudo evidenciar que no es en sí necesario una actualización de semáforos puesto que los tiempos de ciclos actuales cumplen con el requerimiento de cada intersección.
- Se pudo evidenciar también que el problema que tiene el casco viejo para la fluidez del tráfico es la falta de educación vial de los choferes y el excesivo tráfico de líneas de micros existentes por algunas calles críticas, siendo así que los tiempos de ciclo de los semáforos existentes pueden mantenerse.

Recomendaciones

- El uso de simuladores, para el desarrollo de proyectos, es recomendable, debido a que permiten entender el comportamiento de un sistema de manera más profunda, de esta manera se garantiza que las propuestas planteadas tengan un correcto funcionamiento, por lo que se recomienda disponer en las universidades, de este tipo de software.
- Tomar en cuenta que el programa Vissim fue desarrollado en Alemania y por tanto las dimensiones de los vehículos no son los reales a los que se tienen en Tarija (Bolivia), por eso se debe configurar las dimensiones de los vehículos en el programa y así tener resultados más precisos.
- La señalización para peatones y semaforización es necesaria ya que se observan distintas actividades en el área, además de zonas de estudios y recreación, para las cuales es necesario resguardar la seguridad peatonal.
- Al usar el programa de simulación tomar en cuenta los anchos de los carriles para así poder determinar con mayor precisión las dimensiones de los automóviles que pasan por cada intersección.
- Los datos de los volúmenes vehiculares son los más importante a la hora de hacer cualquier tipo de estudio o investigación de tráfico. Como el modelo microscópico clasifica los tipos de vehículos de una manera más representativa, se puede llegar a tener varios de tipos de vehículos, llegando a dificultar los aforos en horas pico. Para facilitar el conteo de los vehículos se puede llegar a utilizar cámaras filmadoras o grabadoras de audio.
- Se recomienda hacer nuevamente el estudio semafórico dentro unos años por la tasa de crecimiento de del parque automotor, para así definir si requieren actualización o implementación de nuevas medidas de corrección.

