

CAPÍTULO I
GENERALIDADES

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Unos de los aspectos más importantes para el desarrollo de una ciudad es que exista una gestión eficiente del tránsito en la ciudad, pero lamentablemente casi en todo el país esto no se lleva a cabo ocasionando que cada vez se genere caos vehicular que va relacionados con diferentes problemas al mismo tiempo como ser: falta de semáforos, poca señalización, deficiente ordenamiento vehicular y educación vial.

La necesidad que tienen los ciudadanos de transportarse de un punto a otro debido a diferentes actividades que se realizan diariamente requiere que exista un tránsito eficiente, seguro y de buena calidad. Lamentablemente esto no sucede dado que la dirección de tránsito, transporte y seguridad vial de Yacuiba, atendió un total de 148 accidentes durante la gestión 2020 generando 144 personas heridas y 10 fallecidos.

Actualmente la ciudad de Yacuiba presenta varios problemas de tráfico vehicular esto debido al acelerado crecimiento poblacional que se presentó en los últimos años, la cual cuenta con 103.703 habitantes y un índice de crecimiento de 0.83 que va relacionado con el crecimiento vehicular generando congestionamiento vehicular en zonas específicas y al mismo tiempo ocasionando accidentes.

En el presente trabajo se pretende realizar una evaluación del tráfico con todos sus elementos como ser: capacidad, nivel de servicio, semaforización, señalización y estacionamiento. Esto para poder solucionar los diferentes problemas que se presenta en la zona de estudio y así poder presentar una alternativa de solución a la misma.

Con la evaluación del tráfico en la avenida San Martín y avenida Bolivia, en la ciudad de Yacuiba se dará solución al problema del tráfico, lo que será de beneficio para toda la población ya que gran parte de la ciudad hace uso de la misma, al ser una avenida de entrada y salida del transporte tanto pesado como liviano del país vecino de Argentina tiene una relevancia social de impacto y que el beneficio va más allá de la población de la ciudad.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se presenta para evaluar el congestionamiento vehicular y para implementar una solución al problema, ya que en la ciudad de Yacuiba uno de los problemas que más se evidencia es el de congestión y ordenamiento vehicular.

Dentro de la avenida en estudio existe la circulación del transporte pesado internacional hacia el país vecino de la argentina los cuales al hacer uso de la misma ocasionan en horas pico un embotellamiento debido al tamaño y longitud de los camiones, a su vez esto también perjudica el libre tránsito de los peatones ya que al no existir una señalización se corre el riesgo de que ocurra accidentes y atropellos a los transeúntes. El transporte pesado al ser de alto tonelaje reduce su velocidad al momento de transitar por la avenida lo que reduce tanto el nivel de servicio como la capacidad, esto ocasiona que se tarde más tiempo en poder circular.

Otro de los problemas que existe en la avenida San Martín es la falta de estacionamientos ya que en la zona se encuentra la terminal de buses de la ciudad el cual genera una aglomeración tanto de personas como de vehículos en horas pico, al ser un servicio de transporte provincial, departamental e internacional varias empresas hacen el uso de la avenida como zona de estacionamiento lo cual reduce la capacidad y los espacios de

estacionamiento para vehículos que quieren estacionarse al trasladar a personas para hacer uso de la terminal por lo cual muchos deciden estacionarse en doble fila empeorando el congestionamiento. Los transportes provinciales al no contar con espacio dentro de la terminal hacen uso de los alrededores de la misma estacionando sus minibuses a lo largo de la cuadra y ocasionando a su vez que la falta de estacionamiento en la zona empeore y se reduzca más para los vehículos particulares que quieren hacer uso.

La avenida San Martín- Avenida Bolivia es la avenida más importante de circulación en la ciudad donde se encuentran colegios como ser: Colegio General Manuel Belgrano, Unidad Educativa Ferroviaria y el colegio Liceo Gran Chaco, al existir una gran población estudiantil en horas de entrada y salida se genera un gran movimiento vehicular ocasionando en horas pico una congestión y desorden vehicular como también el tránsito de los estudiantes reduce la velocidad de los vehículos.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Situación problemática

Una evaluación de tráfico es indispensable para comprender el comportamiento de la circulación de vehículos, realizar investigaciones y analizar los diferentes métodos, para planificar la viabilidad. Parte de la planificación está dedicada exclusivamente a la planificación de la viabilidad urbana, que permite conocer los problemas que presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias de aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra.

Actualmente el desmesurado crecimiento del parque automotor y la alta demanda del mismo han ocasionado el aumento del flujo de tránsito, influyendo seriamente en la serviciabilidad de las calles y avenidas de la ciudad de Yacuiba. En la zona de estudio se

puede ver claramente que se forman filas de vehículos en horas picos generando congestión y molestias no solo para los conductores si no para la población en general.

Es necesario realizar un estudio que analice la condición actual del tránsito vehicular en la zona para poder identificar los distintos problemas que presentan las avenidas San Martín y avenida Bolivia, al no realizarse el mismo la situación actual continuaría sin poder identificar los problemas de congestión, accidentes, falta de señalización, mal uso de los espacios de estacionamiento etc.

Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación del tráfico vehicular en la zona de estudio, ya que esto nos ayudaría identificar los distintos problemas y dar solución mediante el análisis de su capacidad y nivel de servicio y así identificar si la intersección presenta congestión. Una vez identificados los problemas se procederá a plantear alternativas de solución como ser: Implementación de dispositivos de control, implementación de hitos viales, diseñar y reubicar las zonas de estacionamientos, mejorar e implementar señales verticales y horizontales, restricción de ingreso de vehículos pesados entre otras.

1.3.2 Formulación del Problema

¿De qué manera se puede mejorar la condición actual del flujo vehicular en las avenidas San Martín y avenida Bolivia?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el tráfico vehicular en la zona de la avenida San Martín y avenida Bolivia de la ciudad de Yacuiba, considerando parámetros de capacidad y nivel de servicio; de tal manera se pueda identificar los aspectos de mejoramiento.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar los lugares y las horas de saturación por tipo de vehículos.
- Realizar el aforo de vehículos y tiempos de circulación en cada intersección de la avenida San Martín y avenida Bolivia en la ciudad de Yacuiba.
- Realizar el cálculo y análisis de la velocidad, volúmenes de tráfico, capacidad, nivel de servicio, semaforización, señalización y estacionamiento de las avenidas en estudio.
- Analizar y proponer las posibles alternativas de solución para una mejor fluidez vehicular.

1.5 ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN

Se trata de una investigación con diseño descriptivo, donde la única variable es la “condición actual” del flujo vehicular.

La condición actual del flujo vehicular será obtenida mediante las mediciones de todos sus componentes, enfocados a la capacidad y nivel de servicio de las avenidas estudiadas.

El levantamiento de toda la información es transeccional, es decir en un solo tiempo se realizó todo el trabajo de levantamiento de datos.

Las intersecciones a considerar son las siguientes: Tarija, Uyuni, Yaguacua, Chorolque, Hugo Salazar, Jacinto del fin I, Hugo Salazar I, Jacinto del Fin, Juan XXIII, San Pedro, Gral. Campero, Sucre, Crevaux, Cochabamba, Av. Delicias, Independencia, 27 de Mayo, Tassakis, 24 de Julio, 10 de Noviembre, 21 de Enero, Méndez, Chañares, Cornelio Ríos, Ceibos, Robles, Urundeles, Arrayanes, Bernardino Bilbao, Av. Santa Cruz, Ballivian.

El trabajo de evaluación comenzara con el reconocimiento de la zona, los problemas que existen, las zonas e intersecciones más conflictivas para posteriormente realizar un aforo vehicular, luego se procederá a realizar las mediciones del ancho del carril y berma una vez obtenidos los datos de campo se procederá a realizar el trabajo en gabinete calculando los volúmenes, velocidades, capacidad y nivel de servicio.

Para los volúmenes se realizará un resumen de los aforos clasificando según si son vehículos públicos o privados, dependiendo el tamaño si son livianos, medianos o grandes y dependiendo los giros que realizaran si circulan de frente o realizan giros.

Para la velocidad se obtendrá velocidades de punto para todas las intersecciones y también se tomará en cuenta la velocidad de recorrido total del tramo en estudio.

En la capacidad y nivel de servicio se trabajará con el método HCM para vías interrumpidas, sin embargo, también se realizará el cálculo de los tramos más críticos como si fueran vías ininterrumpidas mediante el método INVIAS, para luego realizar una comparación.

También se calculará los tiempos de ciclos de semáforos de todas las intersecciones cuenten o no con los mismos, en caso de que tengan semáforo se realizará una

comparación de los tiempos observados con los calculados, para luego realizar un análisis si la intersección requiere o no la implementación de un semáforo.

Dependiendo la necesidad de la intersección se propondrá la implementación y mejoramientos de señalización horizontal y vertical.

Posterior a ello se verá las posibles soluciones a implementar como ser semaforización, estacionamientos, señalización, reductores de velocidad, etc.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS COMPONENTES

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS COMPONENTES

2.1 DEFINICIÓN DE TRÁFICO

La ingeniería de tránsito o ingeniería de tráfico, conceptualizada como “La fase de la Ingeniería de Transporte que se ocupa de la planificación, diseño geométrico, y las operaciones de tráfico en calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras colindantes, y las relaciones con otros modos de transporte” (Institute of Transportation Engineers, 2009)

2.1.1 Características del tránsito

Se analizan los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se investiga la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, el funcionamiento de: pasos a desnivel, terminales, intersecciones, se analizan los accidentes, etc. Así se pone en evidencia la influencia de la capacidad y limitaciones de los usuarios en el tránsito; se estudia al usuario particularmente desde el punto de vista psíquico-físico, indicándose la rapidez de las reacciones para frenar, para acelerar, para maniobrar, su resistencia al cansancio, etc. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.1.2 Planificación vial

Es indispensable en la ingeniería de tránsito, realizar investigaciones y analizar los diferentes métodos, para planificar la viabilidad en un país, en una municipalidad o una pequeña área para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito. Parte de la planificación está dedicada exclusivamente a la planificación de

la viabilidad urbana, que permite conocer los problemas que presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias de aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.2 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO

2.2.1 Elemento usuario

Consideramos elemento usuario a los peatones y conductores ambos dentro del problema de tráfico están regidos como usuarios.

2.2.1.1 Conductor

Por lo general, el que conduce un vehículo conoce el mecanismo, sabe lo que es el volante, las velocidades, el freno, etc. Pero desconoce las limitaciones, la potencialidad del vehículo y carece de destreza para mezclarlo en la corriente de tránsito. (Mendez, 2009)

2.2.1.2 El Peatón

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

Por otra parte, es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima de tránsito, sino también de sus causas. En la mayoría de los países del mundo que cuentan con un gran número de vehículos, los peatones muertos anualmente en accidentes de tránsito ocupan una cifra muy alta. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.2.2 Vehículo

Un vehículo es una máquina que permite desplazarse de un sitio a otro. Los vehículos no solo pueden transportar personas, sino también animales y cualquier otro tipo de objetos. Los automóviles, los camiones, las camionetas, los cuatriciclos y las motocicletas son vehículos a motor: se movilizan por la acción de un motor que funciona con algún tipo de combustible.

2.2.2.1 Clasificación de los vehículos

La forma de clasificar la variedad de vehículos que circulan por las vías de estudio, se basa en el agrupamiento de vehículos que tienen comportamiento similar en las vías públicas y se detallan a continuación:

- Vehículos livianos, son destinados al transporte de no más de ocho personas por lo común. Este tipo de vehículos comprende los automóviles o coches tipo jeeps, vagonetas, camionetas pequeñas y vehículos generalmente de 4 ruedas.
- Vehículos medianos, son vehículos destinados al transporte de más de ocho personas o para transportar carga. En este tipo se incluye los microbuses, camionetas, vehículos generalmente de 6 ruedas.
- Vehículos pesados, se refiere a vehículos destinados al transporte de una importante cantidad de personas o el transporte de grandes cargas, es decir, son vehículos de gran envergadura. Este tipo de vehículo incluye los autobuses (flotas), camiones grandes o combinados son vehículos que tienen generalmente 6, 10 o 14 ruedas.

2.2.3 Vía

Se entiende por vía o camino, aquella faja de terreno acondicionada para la circulación de vehículos. Existen diversos tipos de caminos, las cuales dependen del servicio que proporcionan transitando en ellas vehículos de mayor o menor peso. En áreas urbanas los caminos divergen a través de la ciudad y se les llama calles teniendo un papel doble, como vía de acceso y ruta.

En términos generales, las vías urbanas pueden clasificarse funcionalmente en tres grandes grupos. Calles principales (arterias) que permiten el movimiento del tránsito entre zonas o partes de la ciudad, secundarias (colectoras) que resultan ser las calles alimentadoras del flujo vehicular a las arterias, y locales que proporcionan acceso directo a las propiedades.

2.3 INGENIERÍA DE TRÁFICO

2.3.1 Volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto de sección transversal dados, de un carril de una calzada, durante un periodo determinado.

Se expresa de la siguiente manera:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por una unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículo)

T = Periodo determinado (unidad de tiempo)

2.3.1.1 Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tiene los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

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

2.3.1.2 Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diarios (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día:

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDA = \frac{TM}{30}$$

- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDA = \frac{TS}{7}$$

2.3.1.3 Volúmenes de tránsito horarios

Volumen horario máximo anual (VHMA) Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. En otras palabras, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

Volumen horario de máxima demanda (VHMD) Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.3.1.4 Estudio de volúmenes de tránsito

Los estudios sobre volumen de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan en relación con el tiempo, y de sus conocimientos se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios.

Estos estudios varían desde lo muy amplios en toda una red o sistemas vial, hasta los más sencillos en lugares específicos tales como en intersecciones aisladas, puentes, casetas de cobro, túneles etc. Las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes de tránsito son tan variadas como los lugares mismos donde se realiza.

El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se vaya a dar a los mismos.

Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, para lo cual se ha generalizado el uso de los aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen: los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.3.1.5 Métodos de aforo

A continuación, se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito.

Aforos Manuales: Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
- El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
- Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

Contadores Mecánicos: Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

Atendiendo a su movilidad los contadores pueden ser fijos o portátiles. Los fijos se usan para hacer recuentos continuos en ciertos lugares, mientras que los portátiles son más ligeros y se utilizan para hacer recuentos parciales durante periodos de tiempo limitados.

Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

Contadores Portátiles: Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil.

Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y,

además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

2.3.2 Velocidad

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en el que el mismo invento los medios de transporte. En ese sentido la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación través de un sistema de transporte. Generalmente expresa en kilómetros por hora (Km/hr)

$$v = \frac{d}{t}$$

V = Velocidad constante (km/hr)

d = Distancia recorrida (km)

t = Tiempo recorrido (hr)

2.3.2.1 Tipos de velocidad

1. Velocidades en función de su aspecto estadístico

Velocidad media en el tiempo

Es la media aritmética de las velocidades de los vehículos que transitan por un punto, en una carretera durante un intervalo de tiempo. La velocidad media en el tiempo se calcula mediante.

$$v_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

Donde:

n = Número de vehículos que transitan por un punto de la carretera

v_i = Velocidad del vehículo i ésimo (m/s)

v_t = Velocidad media temporal (m/s)

Velocidad media en el espacio

Es la media armónica de las velocidades de los vehículos que transitan por un punto, de una carretera durante un intervalo de tiempo. Se obtiene al dividir la distancia total recorrida por dos o más vehículos en un tramo de la carretera, entre el tiempo total requerido por esos vehículos para que recorran esa distancia. Esta es la velocidad que interviene en las relaciones de flujo-densidad. La velocidad media en el espacio se calcula mediante.

$$\bar{v}_s = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{v_i}\right)} = \frac{n * L}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Donde:

\bar{v}_s = Velocidad media en el espacio (m/s)

n = Número de vehículos

t_i = Tiempo que toma al vehículo i ésimo recorrer un tramo de la carretera (s)

v_i = Velocidad del vehículo i ésimo (m/s)

L = Longitud del tramo de carretera (m).

2. Velocidades en función de la forma de cronometraje

Velocidad de punto

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de carrera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea.

La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad que nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras.

Velocidad de recorrido total

Desde el punto de vista conceptual la velocidad de recorrido total es aquella velocidad que se asemeja más al comportamiento real del vehículo en circulación, si bien también es una relación de espacio sobre tiempo para el caso de velocidades de recorrido total el espacio que se toma en cuenta debe ser más grande debido a que se quiere reflejar todas las restricciones a las maniobras de velocidad y todas las causas de demora que pudiesen presentarse, para ello se requiere de una distancia relativamente grande. En el caso de ciudades urbanas estas distancias de recorrido total son elegidas en función de la dirección

de los flujos direccionales más importantes; en carreteras se toman tramos experimentales que reflejan el comportamiento real de la carretera. El tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor.

Velocidad de marcha

Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de cruceo, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

Velocidad de cruceo

La velocidad de cruceo es una velocidad que se determina analíticamente en base a la relación de una distancia recorrida entre un tiempo neto de circulación. El mismo estudio de las velocidades de recorrido total puede servir de información para determinar las velocidades de cruceo tomando en cuenta solo los tiempos de circulación y no así los tiempos de demora.

Esta velocidad de cruceo nos permite hacer una comparación y análisis con las velocidades de punto ya que ambos tienen la misma concepción, son velocidades de vehículos en movimiento, su diferencia está que el uno tiene un entorno de flujo libre y el otro tiene un entorno de vehículos en un flujo de circulación.

Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un valor tanto en carreteras como en calles urbanas, la velocidad de diseño no es resultado de un aforamiento más bien es de concepto, la cual indica la velocidad de diseño que debe ser aquella con el cual el 80% o más de los vehículos que circulan deben tener esa velocidad.

2.4 DIAGRAMA FUNDAMENTAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO

Un diagrama fundamental del flujo de tránsito, reporta la relación entre la densidad (veh/km), y el flujo del tránsito correspondiente para una carretera. Se ha postulado la siguiente teoría respecto de la forma de la curva que representa a esta relación.

Cuando la densidad en la carretera es cero, el flujo también es cero porque no hay vehículos en la carretera. A medida que aumente la densidad, el flujo también aumenta.

Sin embargo, cuando la densidad alcanza su máximo, denominado la densidad de embotellamiento (k_j), el flujo debe ser cero porque los vehículos tenderán a alinearse extremo con extremo.

Se concluye que a medida que la densidad aumenta desde cero, el flujo también aumentará inicialmente desde cero hasta un valor máximo. Un incremento continuo adicional de la densidad, conducirá entonces a una reducción continua del flujo, el cual finalmente será cero cuando la densidad sea igual a la densidad de embotellamiento.

Figura 1. Flujo vs Densidad

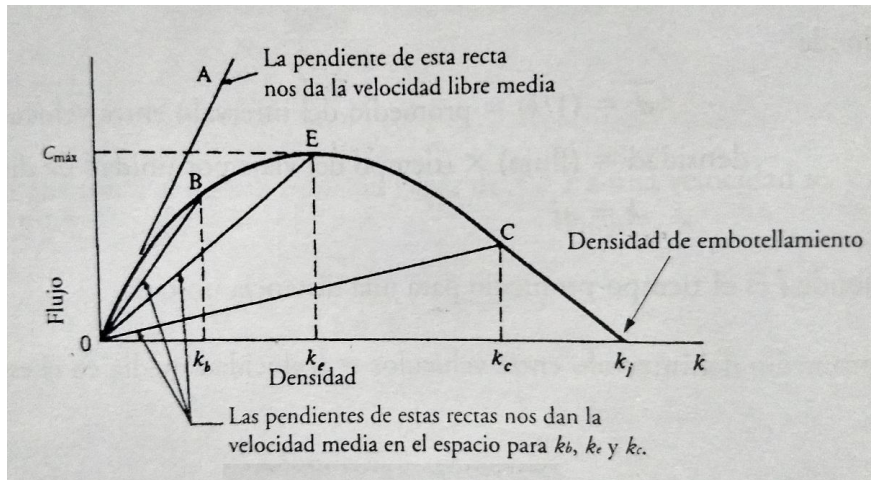


Figura 2.1 Velocidad vs Densidad

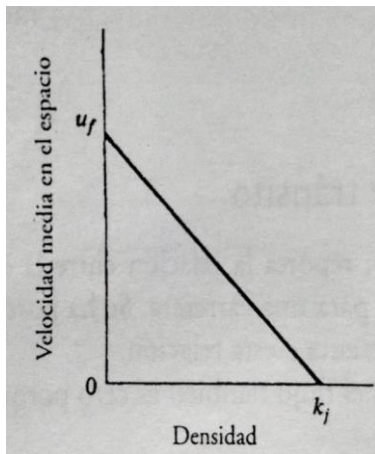
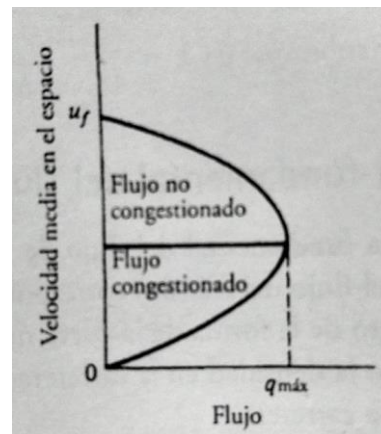


Figura 2.2 Velocidad vs Flujo



Fuente: ingeniería de tránsito y carreteras (Nicholas J. Garber, 2006)

Cuando el flujo es muy bajo existe poca interacción entre los vehículos individuales. Por tanto, los conductores tienen la libertad de viajar a la máxima velocidad posible. La velocidad máxima absoluta se obtiene a medida que el flujo tiende a cero, y se le conoce como la velocidad libre media (v_l). La magnitud de la velocidad libre media, depende de las características físicas de la carretera. Un incremento continuo del flujo, resultará en un decremento continuo de la velocidad. Sin embargo, se va a alcanzar un punto para el cual

un mayor número de vehículos resultará en la reducción del número verdadero de vehículos que transitan por un punto en la carretera (es decir, una reducción de flujo). Esto conduce a un congestionamiento, y finalmente tanto la velocidad como el flujo se hacen cero.

2.5 PROBLEMAS DEL TRÁFICO VEHICULAR

El modelo general de desarrollo urbano está dado por la configuración de las ciudades en los lugares donde las personas realizan sus actividades cotidianas, algunas de las cuales se desarrollan fuera de sus viviendas y para las que requieren el uso de diversos medios para desplazarse, tales como la caminata, el uso de bicicleta, automóviles, autobuses, motocicletas, ferrocarriles.

Estudios recientes señalan que los problemas de movilidad urbana son el resultado de la rápida urbanización y tienen múltiples efectos en las economías urbanas. Entre dichos problemas se encuentra la congestión urbana, el exceso de demanda de viajes sobre su oferta, la accidentalidad, la contaminación del medio ambiente y la tarifa que se debe pagar por un servicio de transporte. De esta manera, y como punto de partida para atender la problemática de movilidad en las ciudades, se ha recurrido a la aplicación de los estudios de tránsito y transporte, los cuales han permitido obtener indicadores efectivos para las tres variables objeto de la ingeniería de tránsito.

2.5.1 Bases de solución al problema del tráfico

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

2.5.1.1 La ingeniería de tráfico

Es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir de los análisis de estos se plantean soluciones reales y adecuados. Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2.5.1.2 Educación vial

Es un pilar importante porque el conjunto de los usuarios ya sean estos peatones o conductores particulares o públicos deben tener un mínimo de educación vial que les permita un mejor accionar de cada uno de sus actividades la falta de educación vial han hecho que los usuarios frecuentemente cometan errores o infracciones a reglamentos que en algunos casos causan accidentes y por lo general perjudican la normal circulación vehicular y peatonal en las calles.

En realidad, la educación vial es una obligación de todos por lo tanto los medios de comunicación, organismos relacionados con el transporte, instituciones referidas al ámbito vial, empresas, organismos policiales de tránsito, deben aunar criterios y esfuerzos y establecer una planificación sobre la educación vial regional y nacional como ingenieros de tránsito también será importante la participación en ayudar a diagramar la metodología adecuada de los aspectos más relevantes del tráfico.

2.5.1.3 Normas y reglamentos adecuados

La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuados a las condiciones físicas actuales a las condiciones de los vehículos que circulan y a las condiciones de necesidad del usuario. Estas normas deben ser revisadas periódicamente

de acuerdo a la evolución que vaya teniendo el tráfico en una ciudad o una carretera para tratar en lo posible de que obedezca a condiciones reales y actualizados.

2.5.1.4 Vigencia y control policial

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

2.5.2 Soluciones al problema del tráfico

2.5.2.1 Solución integral

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

2.5.2.2 Solución parcial de alto costo

Este tipo de solución parte del hecho de mantener lo más posible las condiciones físicas actuales realizando modificaciones parciales que mejoran la circulación vehicular y peatonal como el ensanchamiento de calles y carreteras, modificación de intersecciones, creación de intersecciones a desnivel, instalar un sistema de semáforos, crear

estacionamientos públicos y privados, sin embargo, todas estas soluciones requieren fuertes inversiones por lo tanto es una solución de alto costo.

2.5.2.3 Solución parcial de bajo costo

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

2.6 CAPACIDAD VEHICULAR Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES URBANAS

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías ininterrumpidas, en calles urbanas se considera a las vías de carácter interrumpido debido a que en la circulación existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el trafico interrumpido.

Entre esos factores los más importantes son:

- Semáforos en intersecciones a nivel
- Agentes de tránsito que guían la circulación en intersecciones
- Cruce de peatones

- Detención de vehículos por diferentes causas
- Detención de ómnibus es de transporte público para el ascenso o descenso de pasajeros.

2.6.1 Capacidad básica

Se considera capacidad básica a la cantidad de vehículos que circula en un carril de ancho de 3.65 mts. En un tiempo de 1 hora en un determinado punto. Teóricamente en las vías interrumpidas este valor ha alcanzado un máximo de 2000 veh/h. En vías interrumpidas este valor se reduce por los efectos y factores ya anotados dando un valor máximo de 1500 veh/h, pero esta hora se considera solo como hora de luz verde.

2.6.2 Capacidad práctica

En la práctica las condiciones de trazo urbano no nos dan las condiciones geométricas y condiciones de circulación ideales para medir como la capacidad teórica básica máxima sino más bien las condiciones son variables y se debe encontrar un valor de capacidad real de acuerdo a condiciones físicas y condiciones actuales, para ello el manual de capacidad de acuerdo a varios estudios de investigación ha determinado dos gráficas o ábacos que nos sirve de base para determinar una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y buses y el 20% del volumen realiza movimientos de giros a la izquierda o la derecha.

2.6.2.1 Primer caso

Calles con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni indicaciones especiales de semáforo para los movimientos de giro.

Para este caso se determina primeramente la capacidad teórica en el ábaco correspondiente y se hacen las siguientes reducciones.

- Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco
- Sustraer un 1% por cada 1% que los buses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
- Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- Sustraer un 1% por cada 1% en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
- Por paradas de buses antes de la intersección restar el 10% por parada de buses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.
- Por estacionamientos permitidos restar 1.80 mts del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.

2.6.2.2 Segundo caso

Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros, pero sin indicación especial de semáforo.

Para este caso la metodología que se sigue es la siguiente:

- Se utiliza como capacidad practica el valor del ábaco correspondiente.

- Añadir 5% por carril suplementario a la derecha, 10% por carril suplementario por giro a la izquierda, 15% cuando ambos carriles suplementarios están agregados al ancho de acceso.
- Por carril. De giro a la izquierda sumar el # de vehículos que giren a la izquierda, pero sin exceder la capacidad del carril suplementario. La capacidad del carril para girar a la izquierda debe ser estimada en términos del vehículo por hora de luz verde como la diferencia entre 1200 veh. y el volumen total de tránsito opuesto, con ello reajustar el porcentaje de vehículos que hacen giros a la izquierda y hacen giro a la derecha y utilizar los mismos porcentajes de reducción del primer caso.
- Reducir por camiones y buses el 1% por cada 1% que pasen el 10% del # total de vehículos.

2.6.2.3 Tercer caso

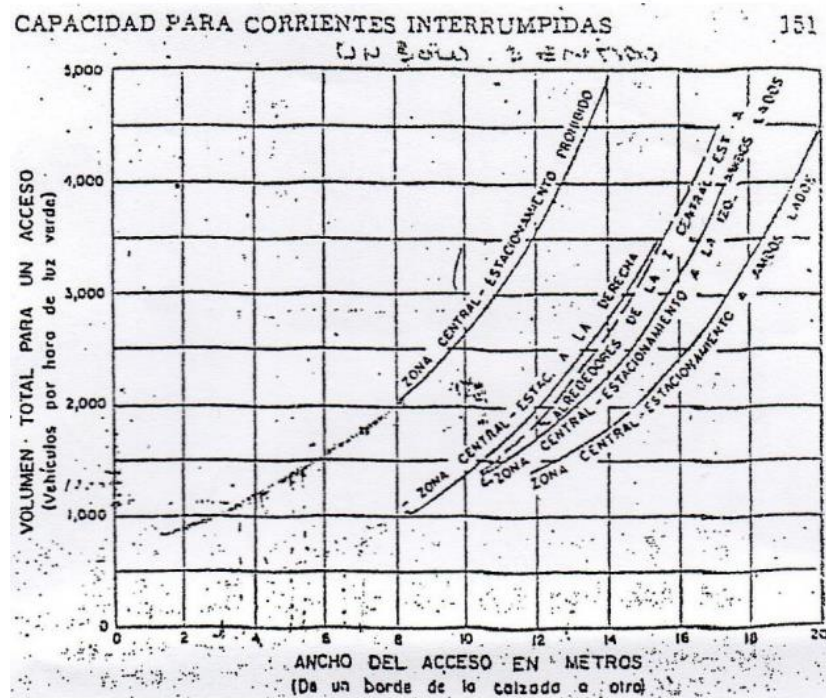
Calles con circulación en un solo sentido.

Para este caso se determina la capacidad teórica a partir del segundo ábaco y se determina las siguientes correcciones:

- Se considera como capacidad práctica al 10% más bajo del valor obtenido en el ábaco
- Se reduce por buses y camiones 1% por cada 1% que exceda del 10% del volumen total
- Restar 0.5% por cada 1% en el tránsito combinado que gira a izquierda o derecha exceda del 20% del tránsito total

- Usar el ancho normal de la calle al aplicar las curvas de los ábacos antes de efectuar las correcciones de los incisos a y b.
- Agregar el 5% por carril suplementario para giros a la derecha y giros a la izquierda o 10% si se han previsto carriles suplementarios para ambos giros.
- Para un carril suplementario de giro a la izquierda o derecha agregar al # de vehículos que giran con la siguiente relación.

Figura 2.3 Ábaco de capacidad teórica para un acceso

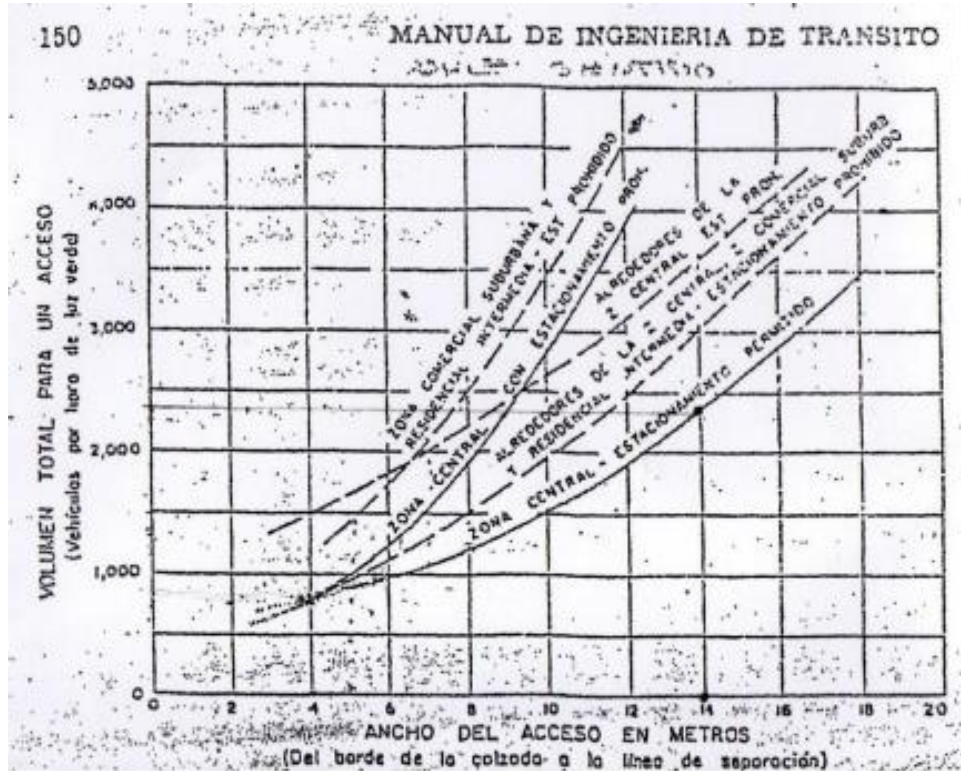


Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

- (1) Zona central - Estacionamiento Prohibido.
- (2) Zona central – Estacionamiento a la Derecha.
- (3) Alrededores de la Zona central – Estacionamiento a ambos lados.
- (4) Zona central – Estacionamiento a la Izquierda.

(5) Zona central – Estacionamiento a ambos

Figura 2.4 Tabla de capacidad teórica para doble vía



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

(1) Zona central Suburbana y Residencial intermedia - Estacionamiento Prohibido.

(2) Zona central – Estacionamiento Prohibido.

(3) Alrededores de la zona central – Estacionamiento prohibido.

(4) Alrededores de zona central Suburbana y Residencial intermedia - Estacionamiento Prohibido.

(5) Zona central – Estacionamiento permitido.

2.6.3 Método de determinación de capacidad vehicular (MÉTODO HCM)

$$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad ideal} * F_{gd} * F_{gi} * F_{vp}$$

Donde:

Fgd = Factor de giro derecha.

Fgi = Factor de giro izquierda.

Fvp = Factor de vehículos pesados.

2.7 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN VÍAS ININTERRUMPIDAS

2.7.1 Capacidad

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

2.7.2 Nivel de servicio y parámetros que lo describen

Se define el Nivel de Servicio de un sector de una carretera de dos carriles como la calidad del servicio que ofrece esta vía a sus usuarios, que se refleja en grado de satisfacción o contrariedad que experimentan al usar la vía.

2.7.2.1 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.

2.7.2.2 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.

2.7.2.3 Nivel de servicio C

Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos, deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

2.7.2.4 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.

2.7.2.5 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.

2.7.2.6 Nivel de servicio F

Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la Capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a Capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de estas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

2.7.3 Variables relativas de la vía

2.7.3.1 Ancho de carril y ancho de berma

Normalmente la obtención de estos datos no presenta problemas, pero se debe mencionar que cuando se habla de ancho de bermas se trata del ancho de la berma a un solo lado de la calzada, pues se supone una vía con bermas iguales a ambos lados. El efecto del ancho de carril y del ancho de bermas en la Capacidad es pequeño, pero puede ser importante en el Nivel de Servicio.

2.7.3.2 Tipo de terreno

Se debe recordar que, aparte de la pendiente longitudinal de la vía, la pendiente transversal o pendiente del terreno también influye en la determinación de este dato, con el fin de no

confundir un sector horizontal corto que se encuentre en un ascenso fuerte con un terreno plano. Se recomienda en casos como ese que se utilice el tipo de terreno que esté de acuerdo con la topografía general de la zona y no solamente con la pendiente longitudinal de la vía en el sector estudiado.

2.7.3.3 Porcentaje de no rebase

Esta es una variable algo difícil de medir en el campo, y representa las zonas donde no es prudente realizar operaciones de adelantamiento. Una primera aproximación para su estimación es observando la demarcación horizontal de la vía. En la Parte III del manual se proponen valores promedios por tipo de terreno, que pueden ser utilizados en caso de no disponer de información más precisa.

2.7.3.4 Porcentaje de vehículos pesados

Esta información se debe obtener tanto para la hora pico como para toda la semana, al igual que en el caso anterior, en aquellas vías que presenten grandes fluctuaciones de este valor, especialmente en las carreteras en las que existen restricciones al paso de vehículos pesados los fines de semana.

2.7.4 Método para el cálculo de la capacidad

El método a utilizar en el presente trabajo será en base al manual de capacidad y nivel de servicio para carreteras de dos carriles del instituto nacional de vías de del país de Colombia.

$$Capacidad\ real = Capacidad\ teórica * Fpe * Fd * Fcb * Fvp$$

Donde:

Fpe = Factor de corrección por pendiente.

Fd = Factor de corrección por distribución de sentido.

Fcb = Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma.

Fvp = Factor de corrección por vehículos pesados.

2.7.4.1 Condiciones ideales

Los requisitos que definen las condiciones ideales son los siguientes:

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

2.7.4.2 Factores de corrección a la capacidad

- **Factor de corrección por pendiente (Fpe)**

Las pendientes reducen la velocidad de los vehículos con respecto a la velocidad que pueden desarrollar en rasante horizontal. La reducción se traduce en un aumento en los intervalos entre vehículos que están en un pelotón y, por ende, en una disminución de la Capacidad. Su efecto se considera en el factor de corrección (Fpe) para su cálculo se utilizará el siguiente cuadro:

Tabla 2.1 Factor de corrección a la capacidad por pendiente

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.90	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

- **Factor de corrección por distribución de sentido (Fd)**

Una carretera de dos carriles puede saturarse cuando tenga un carril saturado, aunque el volumen de tránsito sea muy bajo en el otro carril. Además, se debe considerar las verdaderas oportunidades de adelantamiento que ofrece el tramo en análisis, medido por el porcentaje de zonas de no rebase. El efecto de estas dos variables se considera con el factor de corrección (Fd), para su cálculo se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Factor de corrección por distribución de sentidos

Distribución por sentido A/D	Porcentaje de zonas de no rebase					
	0	20	40	60	80	100
50/50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60/40	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70/30	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.71
80/20	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63
90/10	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100/100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.50

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

- **Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb)**

Los carriles y bermas estrechos, más la ausencia o malas condiciones de estas restan confianza a los conductores, lo que se traduce en una disminución de la velocidad, un aumento en los intervalos entre vehículos, y la consiguiente reducción de la capacidad de la vía. El factor que cuantifica este efecto es el Fcb, para su cálculo se utilizará el siguiente cuadro:

Tabla 2.3 Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma

Ancho utilizable de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92
1.50	0.99	0.99	0.98	0.95	0.91
1.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.91
1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90
0.50	0.98	0.97	0.96	0.93	0.89
0.00	0.97	0.96	0.95	0.92	0.88

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

- **Factor de corrección por vehículos pesados (Fvp)**

Capacidad se puede definir como el número máximo de intervalos entre vehículos que pasan por un punto de una vía en una hora. Los vehículos pesados reducen ese número de intervalos:

- Porque su paso demora más debido a su mayor longitud y a la menor velocidad que desarrollan.
- Porque retardan el paso de vehículos más rápidos que los siguen al obligarlos a reducir su velocidad.
- Porque el aumento del paso de un vehículo produce un incremento del intervalo.

Para su cálculo se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 2.4 Factor de corrección por vehículos pesados

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehículos pesados					
		10	20	30	40	50	60
0.00	Todas	0.95	0.9	0.87	0.84	0.81	0.78
1	0.50	0.95	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78
	1.00	0.94	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77
	1.50	0.93	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77
	2.00	0.92	0.87	0.85	0.82	0.79	0.76
	3.00	0.91	0.87	0.84	0.82	0.79	0.76
	4.00	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75
	> 5.00	0.90	0.87	0.83	0.81	0.78	0.75
2	0.50	0.94	0.90	0.85	0.83	0.80	0.77
	1.00	0.93	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76
	1.50	0.92	0.88	0.84	0.81	0.79	0.76
	2.00	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.75
	3.00	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
	4.00	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	> 5.00	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.72
3	0.50	0.94	0.89	0.84	0.81	0.78	0.75
	1.00	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	0.75
	1.50	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.73
	2.00	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
	3.00	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	4.00	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
	> 5.00	0.84	0.80	0.78	0.75	0.72	0.69

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

2.7.5 Método para el cálculo del nivel de servicio

El indicador de efectividad principal que se ha escogido para determinar el Nivel de Servicio es la velocidad media de recorrido de los vehículos que integran la corriente vehicular, que comprende vehículos ligeros y pesados. Para lo cual el nivel de servicio estará en base de la velocidad que irá siendo ajustada por varios factores.

2.7.5.1 Factores de ajuste al nivel de servicio

Tomar la velocidad ideal de automóviles a flujo libre, (V_i), del cuadro 2-5 conociendo la inclinación de la pendiente ascendente en estudio y su longitud. Se obtiene la velocidad media de automóviles, en condiciones ideales (excepto por pendiente).

Tabla 2.5 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la pendiente

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente											
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
0.00	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1.00	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2.00	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3.00	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4.00	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	69	69
5.00	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6.00	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7.00	85	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8.00	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9.00	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10.00	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11.00	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12.00	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Se calcula la nueva velocidad (V_1), que viene dado por el producto de la velocidad ideal y el factor de utilización de la capacidad (F_u)

$$V_1 = V_i * F_u$$

El factor de utilización de la capacidad viene dado por el valor de la relación V/C , se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 2.6 Factor de corrección al nivel se servicio por uso de la capacidad

Relación volumen/capacidad Q/C60	Factor de correlación
0.10	0.99
0.20	0.98
0.30	0.96
0.40	0.92
0.50	0.87
0.60	0.82
0.70	0.75
0.80	0.68
0.90	0.59
1.00	0.50

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Se calcula la nueva velocidad (V2), que viene dado por el producto de la velocidad 1 y el factor de corrección por superficie de rodadura y el factor de corrección de ancho de carril y berma.

$$V2 = V1 * Fsr * Fcb$$

Fcb = Factor de corrección por ancho de carril y berma

Fsr = Factor de corrección por el estado de superficie de rodadura

Tabla 2.7 Factor de corrección por ancho de carril y berma

Ancho utilizable de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.97	0.93	0.85	0.73
1.50	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.20	0.96	0.93	0.89	0.81	0.70
1.00	0.95	0.92	0.88	0.80	0.69
0.50	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0.00	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Tabla 2.8 Factor de corrección por el estado se la superficie de rodadura

Velocidad (km/hr) V1	Iri > 6 mm/m	Iri 4 a 6 mm/m	Iri 2 a 4 mm/mm
	Área afectada mayor del 30 %	Área afectada del 15 a 30 %	Área afectada menor del 15 %
	Nivel funcional 2	Nivel funcional 3	Nivel funcional 4 o 5
20.00	1.00	1.00	1.00
30.00	0.99	0.99	1.00
40.00	0.97	0.98	1.00
50.00	0.93	0.95	1.00
60.00	0.88	0.92	0.98
70.00	0.81	0.87	0.97
80.00	0.73	0.82	0.96
90.00	0.63	0.75	0.94

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Se calcula la nueva velocidad (V3), que viene dado por el producto de la velocidad 2 y el factor de corrección por vehículos pesados.

$$V3 = V2 * Fvp$$

$$Fvp = Fp1 * Fp2$$

Donde:

Fvp = Factor de vehículos pesados.

Fp1 = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendente.

Fp2 = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados.

Tabla 2.9 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendentes Fp1

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad media de los automóviles en km/hr (V2)					
		>90.00	80.00	70.00	60.00	50.00	< 40.00
0.00	Todas	0.85	0.88	0.92	0.97	1.00	1.00
1.00	0.50	0.84	0.88	0.91	0.96	1.00	1.00
	1.00	0.80	0.84	0.89	0.95	1.00	1.00
	1.50	0.76	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.00	0.75	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.50	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	3.00	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	>3.50	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
2.00	0.50	x	0.00	0.91	0.95	1.00	1.00
	1.00	x	0.87	0.87	0.93	1.00	1.00
	1.50	x	0.82	0.85	0.92	0.99	1.00
	2.00	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	2.50	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	3.00	x	0.78	0.84	0.92	0.98	1.00
	>3.50	x	0.77	0.84	0.92	0.98	1.00

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Tabla 2.10 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados Fp2

Porcentaje de vehículos pesados (%)	Volúmenes en ambos sentidos (veh/hr)								
	< 50	100	200	300	400	500	600	800	>1000
0.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
10.00	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00
20.00	1.04	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.96
30.00	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95
40.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94
50.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
60.00	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
70.00	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
80.00	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
90.00	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
100.00	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Con la determinación de la velocidad V3 y el tipo de terreno podemos encontrar el nivel de servicio correspondiente al tramo en el siguiente cuadro.

Tabla 2.11 Determinación del nivel de servicio en base a V3 y el tipo de terreno

Tipo de terreno (pendiente longitudinal)	Niveles de servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano < 3%	> 83	72 - 83	62 - 72	52 - 62	42 - 52	< 42
Ondulado >3% - <6%	> 68	59 - 68	51 - 59	43 - 51	34 - 43	< 34
Montañoso > 6% - <8%	> 52	45 - 52	39 - 45	33 - 39	26 - 33	< 26
Escarpado > 8%	> 36	31 - 36	27 - 31	23 - 27	18 - 23	< 18

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

2.8 SEÑALIZACIÓN

Definimos a la señalización como un componente metodológico dentro de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es que a través de las señales se mejore la circulación vehicular y peatonal en un trazo urbano o en carreteras.

Dentro de la señalización se tienen 2 grupos importantes que son:

- Señalización horizontal
- Señalización vertical

2.8.1 Señalización Horizontal

Se entiende por señalización horizontal al conjunto de marcas sobre el pavimento que tienen el objetivo de mejorar la circulación de vehicular y peatonal pudiendo ser de tipo restrictivo, preventivo e indicativo.

2.8.1.1 Tipos de señales horizontales

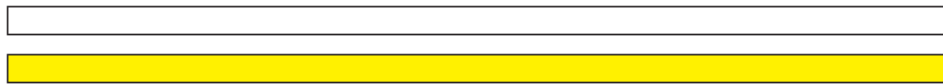
Existen diferentes tipos de señales horizontales que son pintadas sobre el pavimento entre los más importantes tenemos:

- Cruce de peatones

- Líneas de parada
- Líneas de Separación de carriles
- Líneas de demarcación de calzada
- Flechas direccionales
- Flechas deflectoras
- Líneas de prevención de frenado
- Letras Alfabéticas sobre el pavimento

2.8.1.2 Señales horizontales longitudinales

Figura 2.5 Línea continua



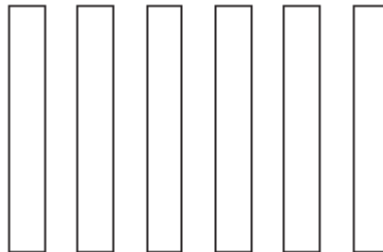
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.6 Línea discontinua



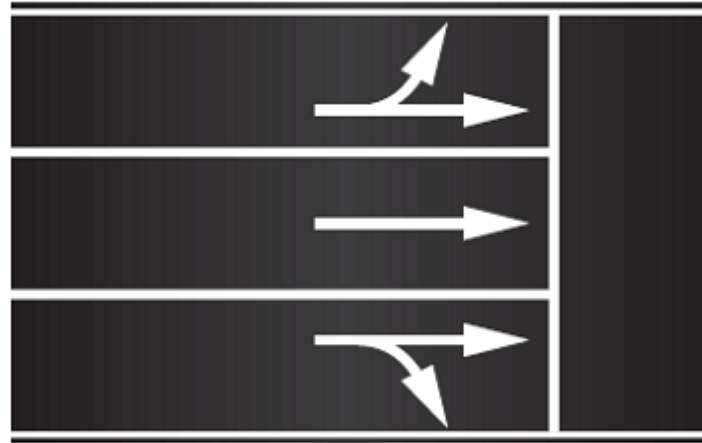
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.7 Paso de peatones



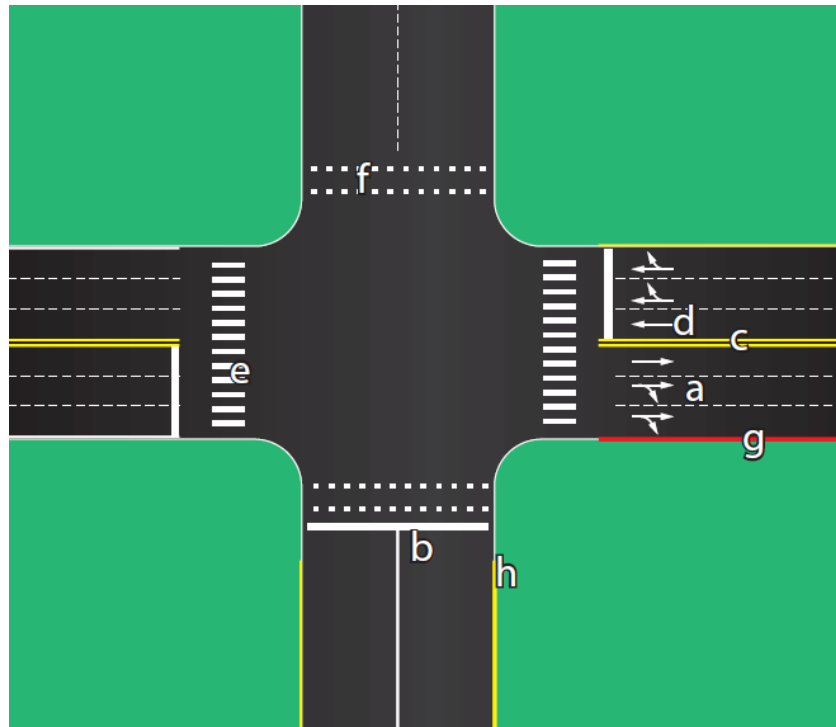
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.8 Flecha Direccional



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.9 Ubicación de señales horizontales en zona urbanas



Fuente: Manual del MTC señales

2.8.2 Señalización Vertical

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

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

2.8.2.1 Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

2.8.2.2 Señales reglamentarias

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

2.8.2.3 Señales informativas

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, la ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran relevancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la reacción oportuna de los diferentes usuarios de una vía.

Como criterio general, toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores.

No obstante, lo anterior, los postes y otros elementos estructurales de las señales de tránsito, pueden representar un peligro para los usuarios en caso de ser impactadas. Por lo tanto, deben instalarse alejadas de la calzada y construirse de tal forma, que opongan la menor resistencia en caso de accidentes.

En general, se deberán analizar las siguientes condiciones para la correcta instalación de una señal vertical:

- Distancia entre la señal y la situación que generó su instalación (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).
- Altura de ubicación de la placa de la señal.
- Orientación de la placa de la señal.
- Distancia mínima entre señales. (Manual de dispositivos de control ABC, 2018)

La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una eficiente y segura operación.

En general, una señal deberá cumplir los siguientes objetivos:

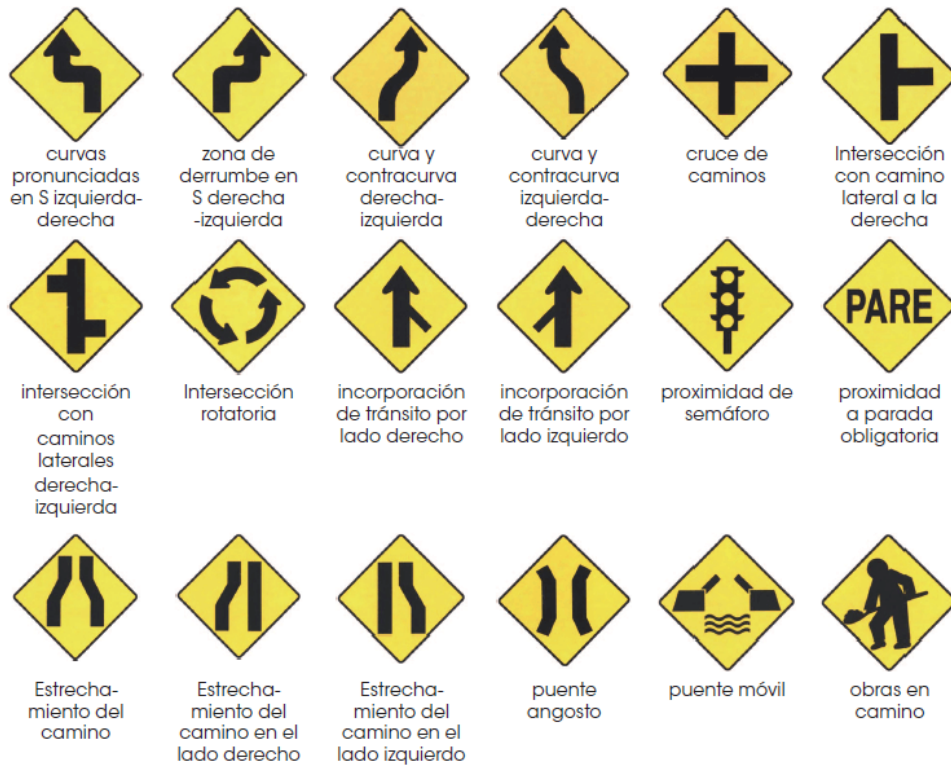
- Indicar el inicio o término de una restricción o autorización. En estos casos, la señal se instalará en el lugar específico donde ocurre la situación señalizada.

- Advertir o informar sobre condiciones de la vía o respecto a acciones que se deben o se pueden realizar más adelante.
- Informar con respecto a orientación geográfica y características socio-culturales que pudieran encontrarse aledañas o cercanas a la vía. Entre estas últimas, se pueden mencionar señales con información turística, cultural, de servicios, etc. (Manual de dispositivos de control ABC, 2018)

2.8.2.4 Clasificación de señales preventivas

Figura 2.10 Señales preventivas





Fuente: Master autoescuela Bolivia

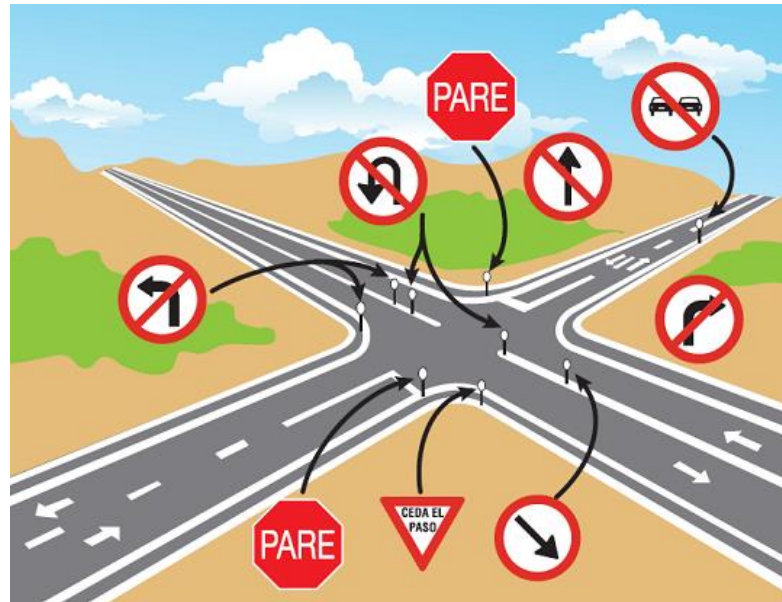
2.8.2.5 Señales verticales reglamentarias

Figura 2.11 Señales reglamentarias



Fuente: Master autoescuela Bolivia

Figura 2.12 Ejemplo de ubicación de señales verticales reglamentarias



Fuente: Master autoescuela Bolivia

2.8.2.6 Señales verticales informativas

Figura 2.13 Señales informativas



Fuente: Master autoescuela Bolivia

2.9 SEMAFORIZACIÓN

Los semáforos son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control.

2.9.1 Semáforos para el control del tránsito de vehículos

- No accionados por el tránsito.
- Accionados por el tránsito.
- Totalmente accionados por el tránsito.
- Parcialmente accionados por el tránsito.

2.9.2 Semáforos para paso peatonales

- En zonas de alto volumen peatonal.
- En zonas escolares.

2.9.3 Semáforos especiales

- De destello.
- Para regular el uso de carriles.
- Para puentes.
- Para maniobras de vehículos de emergencia.
- Con barreras para indicar aproximación de trenes (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.10 DISEÑO DE LOS TIEMPOS DE FASE

2.10.1 Intervalo de cambio de fase

La función principal del intervalo de cambio de fase es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección.

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

Donde:

y = Intervalo de cambio de fase, ambar más todo rojo

t = Tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

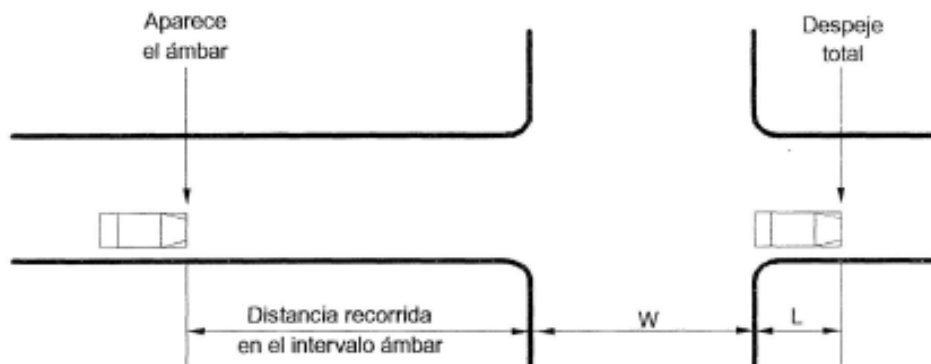
v = Velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = Tasa de aceleración (valor usual 3.05 m/s²)

W = Ancho de la intersección (m)

L = Longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

Figura 2.14 Intervalo de cambio de fase



Fuente: Ingeniería de tránsito Cal y Mayor James Cárdenas

2.10.2 Longitud de ciclo

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

Donde:

C_o = Tiempo óptimo de ciclo (s)

L = Tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

φ = Número de fases

2.10.3 Vehículos equivalentes

Si todos los vehículos que salen de una intersección con semáforo son automóviles que continúan de frente, se tendrían las tasas máximas de flujo, a intervalos aproximadamente iguales. Sin embargo, en la mayoría de los casos la situación es más compleja por la presencia de vehículos pesados y movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha. Para tener en cuenta estos aspectos, es necesario factores de equivalencia.

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P_c(E_c - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

f_{VP} = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados

P_c = Porcentaje de camiones

P_B = Porcentaje de autobuses

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos

E_C = Automóviles equivalentes a un camión

E_B = Automóviles equivalentes a un autobús

E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

los automóviles equivalentes comúnmente utilizados tanto para camiones, E_C , como para autobuses, E_B , varían de 1.4 a 1.6 tomándose un valor medio de 1.5.

Por otra parte, se requiere tener factores por movimiento de giro, puesto que estas maniobras los vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos factores, E_v , que se utilizan para convertir automóviles que dan giro a automóviles equivalentes que no la dan, varía de 1.4 a 1.6 para giro a la izquierda y de 1.0 a 1.4 para giro a la derecha.

Igualmente, los volúmenes horarios de máxima demanda, VHMD, deben ser convertidos a tasas de flujo, que a través del factor de la hora de máxima demanda FHMD, para lo cual, en casos de proyecto y diseño de planes de tiempo de semáforo, se sugiere el valor de 0.95.

De esta manera los volúmenes horarios mixtos, VHMD, se convierten a flujos de automóviles directos, que no dan giro, equivalentes por hora q_{ADE} , mediante la siguiente expresión:

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) * E_V$$

2.10.4 Flujo de saturación y tiempo perdido

El autor R. Akcelik es el investigador que más ha estudiado la capacidad de intersecciones con semáforo, con base en los conceptos de flujo de saturación, automóviles equivalentes, tiempo perdido y verde efectivo, entre otros.

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de ALTO se incrementan rápidamente a una tasa llamada flujo de saturación, la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termina el verde. La tasa de vehículos que cruzan la línea al arrancar es menor durante los primeros segundos, mientras los vehículos aceleran hasta alcanzar una velocidad de marcha normal. Similarmente, durante el periodo posterior a la terminación del verde, la tasa de vehículos que cruzan la línea es menor debido a que algunos vehículos disminuyen su velocidad o se detienen.

El flujo de saturación es la tasa máxima de vehículos que cruzan la línea que puede ser obtenida, cuando existen filas y estas aún persisten hasta el final del periodo en verde. En este caso se tiene un periodo de verde completamente saturado.

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} li \right) + TR$$

Donde TR representa el tiempo total de todo rojo durante el ciclo, en caso de existir.

2.10.5 Asignación de tiempos verdes

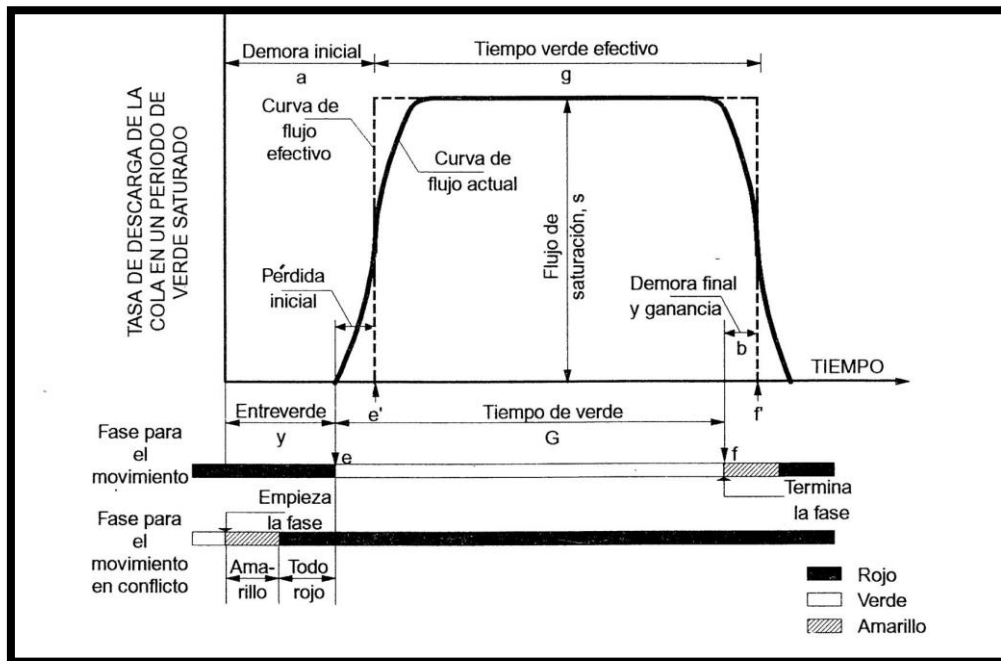
El tiempo verde efectivo total g_T , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección está dado por :

$$g_T = C - L = C - \left[\left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR \right]$$

g_T = Tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

C = Longitud actual del ciclo (redondeando a C_0 a los 5 segundos más cercanos)

Figura 2.15 modelo básico de flujo de saturación



Fuente: Ingeniería de tránsito Cal y Mayor James Cárdenas

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe distribuirse entre las fases en proporción a sus valores de Y_i , así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}}$$

Y_i = Es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase i .

De donde el tiempo verde real G_i para cada fase i se obtiene como:

$$G_i = g_i + l_1 - A_1$$

2.11 ESTACIONAMIENTOS

Todo plan vialidad urbana debe considerarse la construcción, o habilitación de estacionamiento, pues se considera que las 24 horas del día un vehículo particular permanece estacionado aproximadamente 21 horas.

Para que el sistema de automotor sea eficiente deberá disponer de espacios adecuados de estacionamientos, en todos aquellos lugares donde se generen viajes, pues de lo contrario los efectos resultantes son las demoras, la congestión y por supuesto los costos adicionales asociados.

- Acomodador: empleado que a la entrada y a la salida de un estacionamiento público estaciona y saca el vehículo
- Angulo de estacionamiento: Ángulo que forma el eje longitudinal del vehículo estacionado, con el pasillo de circulación
- Auto estacionamiento: es en el que el propio usuario estaciona y saca el vehículo
- Cajón: espacio destinado para estacionar un vehículo
- Claro: distancia horizontal libre entre dos apoyos o columnas de estructura de un edificio

2.11.1 Tipos de estacionamiento

- Estacionamiento en vía pública
- Estacionamiento fuera de la vía pública

2.11.2 Oferta y demanda

Se entiende por oferta a los espacios disponibles de estacionamiento tanto en la vía pública como fuera de ella. Para cuantificarla, se lleva a cabo un inventario físico de espacio de estacionamientos.

Se entiende por demanda a la información de donde se estaciona la gente, por cuanto tiempo o su variación horaria dentro y fuera de la vía pública. Representa la necesidad de espacio para estacionarse o el número de vehículos que desean estacionarse con cierta duración o para un objetivo en específico. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.11.3 Oferta y demanda

Para conocer las características de estacionamientos de determinada zona, es necesario llevar a cabo ciertos inventarios y estudios, que permiten establecer la demanda de espacios y verificar las necesidades físicas para así revisar o incrementar la oferta de espacios existentes. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.11.3.1 Oferta

Se entiende por oferta, los espacios disponibles de estacionamientos tanto en la vía pública como fuera de ella. Para cuantificarla se lleva a cabo un inventario físico de los espacios de estacionamientos disponibles.

Para estacionamientos en las calles se realiza un inventario de los espacios existentes y de las restricciones que hay para estacionarse en esa calle, pues habrá calles e las que se prohíba el estacionamiento. Este inventario se realiza recorriendo calle por calle. En cada una de ellas se mide su longitud total, se le resta la longitud de los espacios de

estacionamientos prohibido y se deduce el número de vehículos que caben en esa longitud restante o disponible. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

2.11.3.2 Demanda

Se entiende por demanda, la información de donde se estacionan la gente, por cuanto tiempo, o su variación horaria dentro y fuera de la vía pública. Representa la necesidad de espacios para estacionarse o el número de vehículos que deseen estacionarse con cierta duración o para un objetivo en específico. Esta información se obtiene mediante la ubicación de observadores en varios puntos de la zona en estudio, cada uno de los cuales, dependiendo de la frecuencia de los estacionamientos, recorre una, dos, tres o cuatro cuadras viendo todos los vehículos estacionados anotando la hora de entrada y salida de cada uno de ellos. De esta manera se determinará la utilización y duración promedio de estacionamiento. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spindola & James Cardenas., 2014)

Conocida la oferta y demanda, se puede determinar el índice de rotación que, para un espacio en específico de estacionamiento, se define como el número de veces que se usa dicho espacio durante un lapso de tiempo determinado. Para varios espacios de estacionamiento el índice promedio de rotación I_r en vehículos por cajón se calcula como:

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

$$I_r = \frac{\text{Número de vehículos que se estacionan}}{\text{Número de espacios para estacionarse}}$$

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

$$I_r = \frac{\text{Vehículos/hora}}{\text{Cajón}}$$

Por lo anterior, se define la duración D_c absoluta o media de estacionamiento como:

$$D_c = \frac{1}{I_r}$$

$$D_r = \frac{1}{\frac{\text{Vehículos}}{\text{Hora}} \text{ Cajón}}$$

Donde:

I_r = Índice de rotación

D_c = Duración absoluta o media

Igualmente, la utilización U_c de la capacidad de un estacionamiento se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$U_c = \frac{\text{Oferta} - \text{Cajones vacíos}}{\text{Oferta}}$$

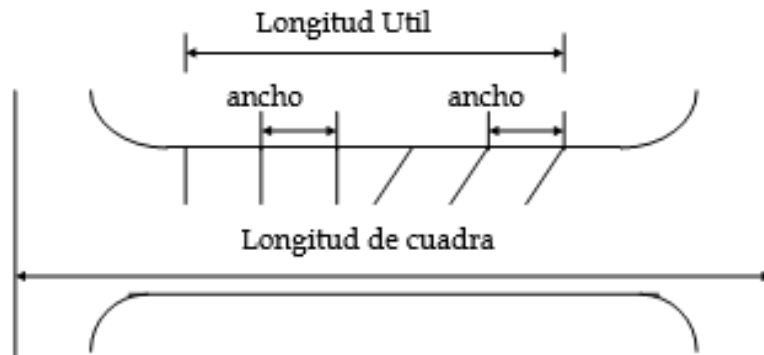
$$U_c = \frac{\text{Cajones} - \text{Cajones vacíos}}{\text{Cajones}}$$

Donde:

U_c = Grado de ocupación

Para la longitud útil se tiene:

Figura 2.16 Longitud útil



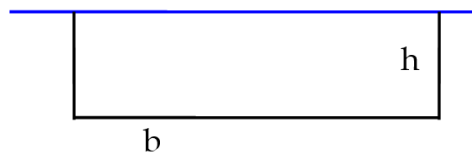
Fuente: Texto guía de ingeniería de tráfico de la U.A.J.M.S.

$$\text{Numero de casillas} = \frac{\text{Longitud util}}{\text{Ancho de acceso}}$$

Cabe recalcar que en este tipo de estacionamientos si van a ser usados en una vía de trazo urbano se tenga cuidado en restringir tanto a la entrada como a la salida de cada cuadra una longitud igual a $2b$ de acuerdo al diseño de las casillas de estacionamientos esta por fines de visibilidad que debe existir en las intersecciones. Esta restricción debe realizarse pintando las casas posterior y lateral de la acera con pintura amarilla.

Chico =	$b = 4.2$ mts.	$h = 2.2$ mts.
Medianos =	$b = 5$ mts.	$h = 2.4$ mts.
Grandes =	$b = 6$ mts.	$h = 2.5$ mts.

Figura 2.17 Dimensión del estacionamiento



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 Componentes

3.1.1.1 Unidades de estudio y decisión muestral

Tráfico vehicular.

3.1.1.2 Población

Tráfico vehicular en la ciudad de Yacuiba.

3.1.1.3 Muestra

Tráfico vehicular en la zona de la avenida san Martin y avenida Bolivia.

3.1.1.4 Muestreo

Se realizará el muestreo probabilístico del tráfico vehicular, tomando la muestra mediante un aforo de la avenida en estudio.

3.1.2 Métodos y Técnicas Empleadas

El presente trabajo está compuesto por varios pasos, el primero es la selección del tramo como las intersecciones en estudio, el segundo paso corresponderá a la obtención de datos mediante el aforo vehicular, el tercer paso se realizará el procesamiento de la información de campo a partir de los datos de volúmenes de aforos que se tiene obtenidos en campo el cual se realizara de manera manual.

Se aplicará las metodologías de análisis de vías interrumpidas HCM, para capacidad, nivel de servicio, semaforización, estacionamiento.

Método

El método a emplear para la recolección de datos será **un** aforo manual en cual se observará y anotará el volumen vehicular, el tiempo en el que cruza la intersección y los giros que se realiza ya sea izquierda o derecha del vehículo, todo esto mediante la observación y registro manual.

Se debe conocer el número total de movimientos posibles que puedan realizar los vehículos en la intersección, para así poder determinar el número de personas que van a ser ubicadas por movimiento

Luego de conocer el número total de movimientos, procedemos a determinar cuál es la orientación de cada uno de ellos.

Técnica

La técnica que se empleara es una libreta de campo, en el cual estará identificado el tipo de vehiculó.

Se realizará el conteo de vehículos, para ello dispondremos de planillas previamente realizadas para así contar con la adecuada toma de datos, se pretende que ningún vehículo que transite por la intersección sea pasado por alto, puesto que se debe contar con datos lo más preciso posible.

La duración del aforo en campo será de una semana, contando con que sea un tiempo ideal para la toma adecuada de los datos, durante esta semana serán llenadas las planillas, una vez terminada la semana destinada para ello se procederá a realizar un trabajo de gabinete.

Una vez obtenidos los datos del campo se procederá a tabular todo en un software el cual será Microsoft Excel, realizando hojas e calculo donde introduciremos los datos

observados, se clasificarán en filas y columnas con el tiempo vs el tipo de vehículo como ser: camiones, buses, motocicletas, autos, etc.

3.1.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

En estudios de tránsito, después que los datos han sido recolectados en el campo, la información debe ser procesada para ser analizada. La evaluación de los resultados de los estudios debe ser evaluada utilizando el método estadístico apropiado. Tanto los estudios de campo como los análisis estadísticos deben ser llevados a cabo con propiedad, de manera que las condiciones de tránsito prevalecientes sean conocidas.

3.1.3.1 Distribución de Series de Tiempo

Los eventos que son observados y de los cuales se anota el instante exacto de su ocurrencia, son recolectados a lo largo de períodos de tiempo y su tabulación produce distribuciones de series de tiempo. El intervalo de tiempo adecuado para recolectar los datos se selecciona de acuerdo al propósito del estudio y puede variar de segundos a varios años de duración.

3.1.3.2 Distribuciones Espaciales

Muchas veces la información de tránsito se presenta con referencia a ubicaciones geográficas específicas. Tal es el caso de accidentes sobre segmentos de vía, inventarios de dispositivos para el control de tránsito sobre planos de la ciudad, etc.

3.1.3.3 Estadística aplicada

La estadística aplicada permite realizar inferencias a partir de una o varias muestras de una determinada población como objeto de estudio. De esta manera se puede ofrecer resultados tanto específicos como generalizados.

3.1.3.4 Estadísticas Descriptivas

El objetivo de las estadísticas descriptivas es describir un conjunto de datos de un muestreo utilizando pocos valores. En otras palabras, es un sumario que incluye la tendencia central, la variabilidad y la forma de los datos.

3.1.3.5 Tendencia Central

Existen varias medidas para describir la tendencia central de un conjunto de observaciones.

Las más comúnmente usadas son:

- Media aritmética
- Mediana
- Moda

Por lo general, la media está ubicada cerca del centro de la distribución de los datos en cuestión. La medida de tendencia central más comúnmente utilizada es la media aritmética.

La siguiente ecuación ilustra su cálculo:

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

donde,

X = Media aritmética

$\sum X_i$ = Sumatoria de todas las observaciones

N = Número de observaciones

La mediana representa el valor medio de una serie de medidas que han sido ordenadas en orden de magnitud. Si el número de observaciones es impar, entonces la mediana es el valor del medio en la lista de medidas en orden de tamaño. Sin embargo, la mediana es definida como la media aritmética de los dos valores medios si el número de medidas es par.

El valor del 50 percentil es igual a la mediana, esto quiere decir que la mitad de las observaciones se encuentran a cada lado de la media. La mediana es una medida útil porque es menos afectada por los valores extremos que la media aritmética.

La moda define el valor que ocurre con la mayor frecuencia en la distribución de las medidas.

No es un valor muy confiable para muestreos pequeños porque varios valores pueden ocurrir aleatoriamente con la misma frecuencia. A medida que el tamaño del muestreo es mayor, los valores de la mediana y de la moda se hacen más confiables.

3.1.3.6 Variabilidad

Otro valor estadístico descriptivo es la variabilidad o dispersión de los datos de un muestreo en particular. En sumatorias de datos para ingeniería de tránsito se usan a menudo las siguientes medidas de variabilidad:

- Rango
- Desviación estándar

El rango es relativamente fácil de calcular, sin embargo, la desviación estándar es una medida de variabilidad mucho más confiable. El rango es el intervalo entre la más pequeña y la más grande de las observaciones y se calcula de la siguiente forma:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

Donde:

R = Rango

Xmax = Valor máximo de las mediciones

Xmin = Valor mínimo de las mediciones

El rango depende mucho del tamaño del muestreo y es demasiado sensible a medidas excepcionales o erráticas. El rango no puede ser usado para comparaciones.

La medida de variabilidad más importante es la desviación estándar, que es la raíz cuadrada de la varianza. Para datos no agrupados (que no están agrupados en función de la frecuencia con que ocurren), la desviación estándar está dada por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{N - 1}}$$

Donde:

s = Desviación estándar

X = Media aritmética

X_i = Observación número "i".

N = Número de observaciones

La siguiente ecuación para desviación estándar es aplicable cuando la información ha sido procesada en un formato de grupos, y frecuencia de ocurrencia de estos grupos:

$$s = \frac{\sum fiUi - \frac{(\sum fiUi)^2}{\sum fi}}{\sum fi - 1}$$

Donde:

s = Desviación estándar

ui = Valor medio del grupo "i"

fi = Frecuencia del grupo "i"

Si la forma de los datos se aproxima a la forma de una distribución normal, entonces pueden obtenerse múltiplos de la desviación estándar a cada lado de la media, de manera que representen los límites dentro de los cuales se encuentran varios porcentajes de los valores totales en un muestreo en particular.

El trabajo de evaluación comenzara con el reconocimiento de la zona, los problemas que existen, las zonas e intersecciones más conflictivas para posteriormente realizar un aforo vehicular luego se procederá a realizar las mediciones del ancho del carril y berma una vez obtenidos los datos de campo se procederá a realizar el trabajo en gabinete calculando los volúmenes, capacidad y nivel de servicio. Posterior a ello se verá las posibles soluciones a implementar como ser semaforización, estacionamientos señalización, reductores de velocidad etc.

3.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de aplicación de evaluación del tráfico vehicular se realizó en la ciudad de Yacuiba, que se encuentra ubicada en la primera sección de la provincia del Gran Chaco en el departamento de Tarija – Bolivia, la cual limita al norte con el municipio de Villamontes, al oeste con el municipio de Carapari, al este con la Republica de Paraguay y finalmente al sur con la Republica Argentina.

Figura 3.1 Ubicación de la ciudad de Yacuiba



Fuente: Google

La ciudad de Yacuiba se encuentra a una latitud de 22°00'51.57" (S), una longitud de 63°40'39.10" (O) con una elevación de 629 m (m.s.n.m.) estos datos son brindados del Google Earth, de la plaza principal de la ciudad.

La ciudad de Yacuiba se caracteriza por tener un clima cálido, con altas temperaturas en la mayor parte del año debido a que se encuentra situada en una zona del Chaco Boliviano.

El tramo se realizó en una de las vías de mayor circulación del tráfico en la en la ciudad de Yacuiba, como ser la avenida San Martín y Parte de la avenida Bolivia. A lo largo de

este tramo se presentan intersecciones donde el congestionamiento vehicular y la falta de semáforos como también una buena señalización ocasionan que el tiempo de circulación y las demoras sean mayores.

Figura 3.2 Av. San Martín - Av. Bolivia



Fuente: Google

El estudio se desarrolló en 31 intersecciones a lo largo del tramo en estudio, las calles que intersectan a la Avenida son: Tarija, Uyuni, Yaguacua, Chorolque, Hugo Salazar I, Hugo Salazar, Jacinto del fin I, Jacinto del fin, Juan XXIII, San Pedro, Campero, Sucre, Crevaux, Cochabamba, Av. Las Delicias, Independencia, 27 de mayo, Jorge Tassakis, 24 de Julio, 10 de Noviembre, 21 de Enero, Méndez, Chañares, Cornelio Ríos, Ceibos, Robles, Urundeles, Arrayanes, Santa Cruz, Ballivian, Bernardino Bilbao.

Figura 3.3 Av. Las Delicias - Av. San Martín



Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de datos de las intensidades se ubicó el punto de aforo donde la visibilidad sea clara a los distintos accesos de la intersección. Se utilizaron planillas manuales las cuales fueron elaboradas según el tipo de intersección y los números de accesos que se tenía, como también el tipo de vehículos y los giros que realizaban dichos vehículos.

La obtención de datos para las velocidades se realizó en tramos largos y alejados de la intersección para que los estacionamientos o los giros no influyan en la recolección de datos.

3.3 AFORO VEHICULAR

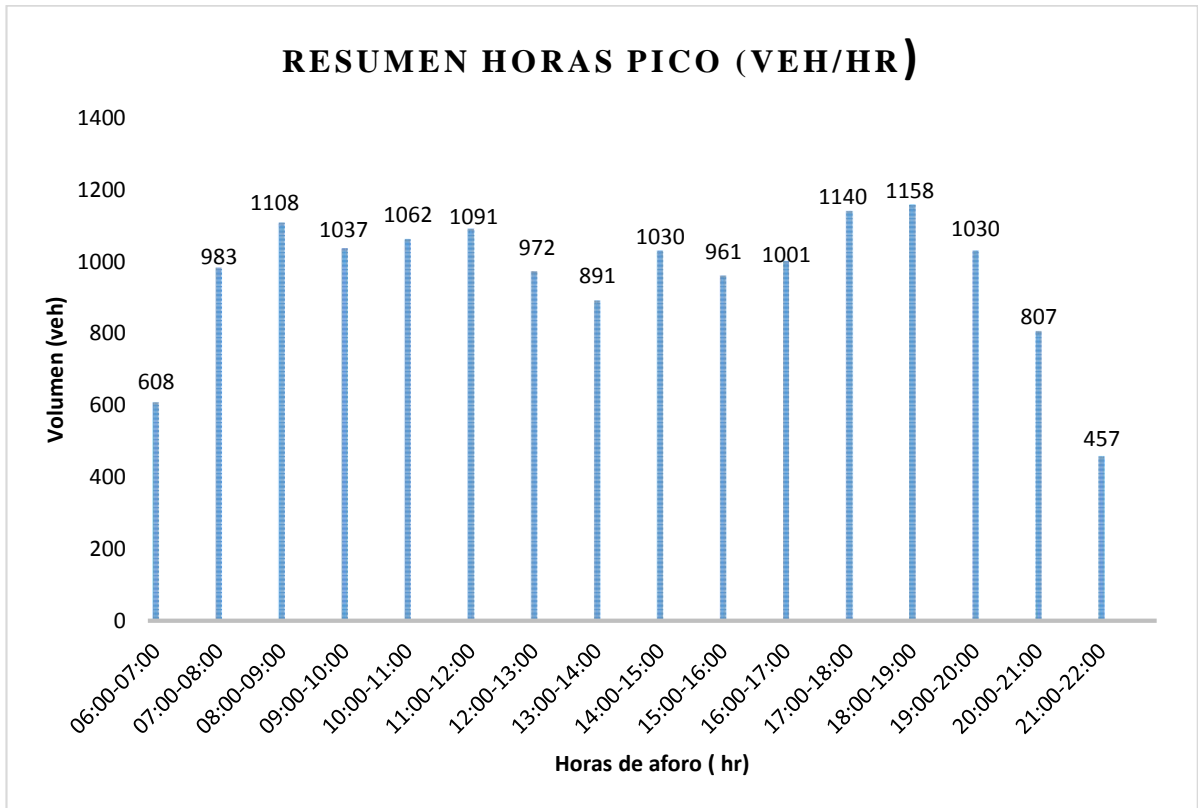
Para la obtención de datos se realizó un muestreo aleatorio simple, cada elemento tuvo igual oportunidad de ser seleccionado y cada combinación de los elementos muestrales tuvo igual oportunidad de seleccionarse, es decir, la elección del vehículo a registrarse fue según el orden de llegada a los puntos de aforo.

El aforo en el punto consistió en registrar a los diferentes tipos de vehículos como ser: livianos, medianos y pesados. A su vez se separó a los que van de frente y a los que hacen un giro ya sea derecho o izquierdo.

3.3.1 Determinación de la hora pico

En la determinación de las horas para aforar se hizo un estudio previo donde se realizó un aforo de intensidades de 16 horas, desde la 06:00 am hasta las 22:00 durante 5 días del cual se determinó las horas picos.

Gráfica 3.1 Resumen de las horas pico



Fuente: Elaboración propia

Su pudo observar que las horas donde más tráfico vehicular existe es en los intervalos de 08:00 a 09:00 en la mañana, 11:00 a 12:00 al medio día y 18:00 a 19:00 en la noche. Una vez determinadas las horas de mayor intensidad se procedió al aforo en cada una de las intersecciones tanto de intensidad como de velocidades.

Los datos tabulados para determinar las horas de mayor volumen y el cuadro resumen se encuentran en el anexo A.

La obtención de tiempos de circulación de vehículos se realizó mediante el método de cronometro. Los cuales nos darán información relativa de la velocidad prevaleciente en la zona de estudio. Los tiempos medios correspondientes a las velocidades de punto, fue el tiempo que tarda un vehículo en recorrer dos líneas previamente marcadas en el tramo con

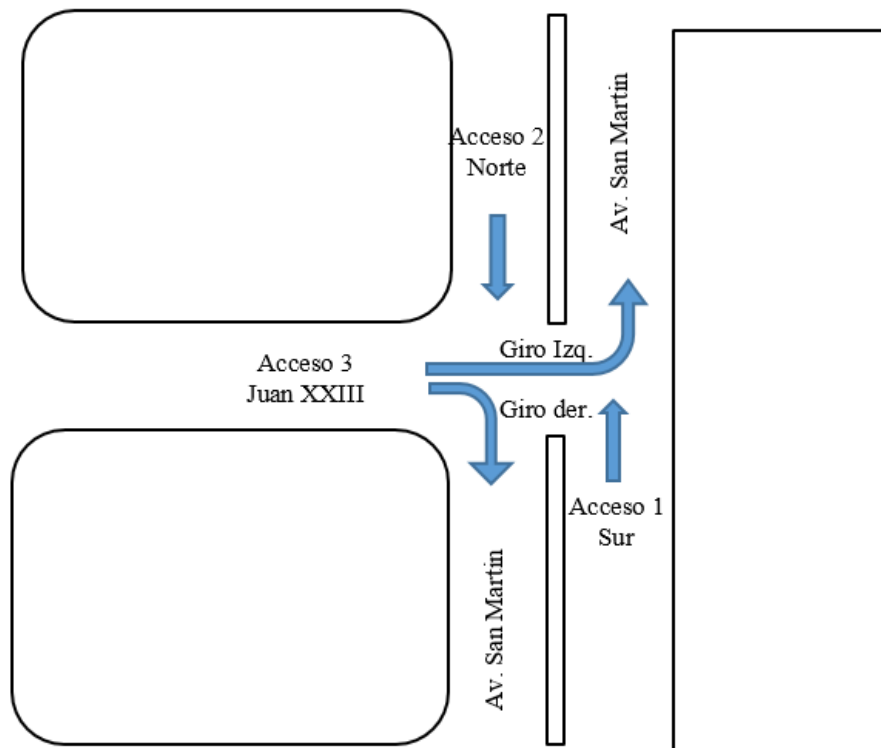
una distancia entre ellos de 25 metros, en cual el vehículo circula sin interrupciones o disminución aparente de velocidad, en cada punto se definió dos líneas sobre la calzada a distancias requeridas.

3.3.2 Análisis de datos

Una vez transcritos los datos de tiempo e intensidad recopilados, se continuó con la depuración de datos extremos, es decir con datos registrados que están muy dispersos de su media respetiva. Estos se deben ya sea por ser causado por el conductor o por errores del observador en la medición; para esto se debe efectuar previamente un ordenamiento de los datos.

Como ejemplo tomaremos la intersección de la avenida San Martín y la calle Juan XXIII

Figura 3.4 Intersección Juan XXIII



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1 Análisis estadístico de intensidades en la intersección Juan XXIII

		08:00-09:00	11:00-12:00	18:00-19:00	MEDIA ARITMETICA	DESVIACION	08:00-09:00	11:00-12:00	18:00-19:00	MEDIA ARITMETICA	PORCENTAJE %	VOLUMEN TOTAL Veh/Hr
NORTE	LIVIANOS	384	435	497	438	56	384	435	0	410	95	433
	MEDIANOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	PESADOS	24	26	20	23	3	24	26	20	23	5	
SUR	LIVIANOS	468	426	403	432	32	0	426	403	415	94	440
	MEDIANOS	16	13	12	13	2	0	13	12	13	3	
	PESADOS	12	14	13	13	1	12	14	13	13	3	
GIRO DERECHA	LIVIANOS	128	132	128	129	2	128	0	128	128	31	411
	MEDIANOS	12	12	12	12	0	12	12	12	12	3	
	PESADOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GIRO IZQUIERDA	LIVIANOS	200	245	283	242	41	0	245	283	264	64	411
	MEDIANOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	PESADOS	44	10	3	19	21	0	10	3	7	2	

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del análisis estadístico con su respectiva tabulación de los datos de campo correspondientes a intensidades y velocidades se encuentra en el anexo B del presente trabajo. Los datos depurados se presentan en el anexo C en color rojo para poder distinguir del restante de datos.

Luego de realizar el análisis estadístico con cada una de las intersecciones se obtuvo las intensidades finales que se observaron en la siguiente tabla:

3.3.3 Resumen de volumen vehicular

Tabla 3.2 Resumen de intensidades por intersección 1 al 10

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr	Total intersección veh/hr
Intersección 1	Tarija	371	15	9	395	854
	Av. Bolivia	437	18	5	459	
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	324	27	6	357	815
	Av. Bolivia Norte	437	18	3	458	
Intersección 3	Yaguacua	71	5	12	87	921
	Av. Bolivia Sur	461	23	12	495	
	Av. Bolivia Norte	312	21	6	339	
Intersección 4	Chorolque	86	12	5	102	971
	Av. Bolivia Sur	404	21	5	429	
	Av. Bolivia Norte	413	17	11	440	
Intersección 5	Hugo Salazar E.	77	0	6	83	1325
	Hugo Salazar O.	678	32	9	718	
	Av. Bolivia	479	25	20	524	
Intersección 6	Jacinto del fin I	158	6	0	164	652
	Av. San Martín	460	21	7	488	
Intersección 7	Hugo Salazar	140	4	0	144	649
	Av. Bolivia	481	24	0	505	
Intersección 8	Jacinto del Fin	Salida de vehículos			0	1316
	Av. San Martín Sur	725	32	5	762	
	Av. San Martín Norte	530	25	0	555	
Intersección 9	Juan XXIII	392	20	3	415	1292
	Av. San Martín Norte	410	18	8	436	
	Av. San Martín Sur	415	22	5	442	
Intersección 10	San Pedro	Salida de vehículos			0	1314
	Av. San Martín Sur	657	17	0	673	
	Av. San Martín Norte	617	23	0	640	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3 Resumen de intensidades por intersección 11 al 20

Intersección	Calle	Livianos	Medianos	Pesados	Total acceso	Total intersección
		veh/hr	veh/hr	veh/hr	veh/hr	veh/hr
Intersección 11	Gral. Campero	294	6	0	300	1194
	Av. San Martín Norte	402	25	0	427	
	Av. San Martín Sur	439	20	8	467	
Intersección 12	Sucre	Salida de vehículos			0	1112
	Av. San Martín Sur	610	32	0	642	
	Av. San Martín Norte	458	12	0	470	
Intersección 13	Crevaux	127	0	0	127	980
	Av. San Martín Norte	427	12	0	439	
	Av. San Martín Sur	402	13	0	415	
Intersección 14	Cochabamba	Salida de vehículos			0	1118
	Av. San Martín Sur	581	13	7	601	
	Av. San Martín Norte	493	21	3	517	
Intersección 15	Av. Delicias	187	15	4	206	1368
	Av. San Martín Norte	489	17	19	525	
	Av. San Martín Sur	608	18	13	638	
Intersección 16	Independencia	Salida de vehículos			0	1119
	Av. San Martín Sur	581	8	8	597	
	Av. San Martín Norte	513	5	4	522	
Intersección 17	27 de Mayo	117	4	0	121	1078
	Av. San Martín Norte	470	8	10	488	
	Av. San Martín Sur	444	17	9	470	
Intersección 18	Tassakis	Salida de vehículos			0	1068
	Av. San Martín Sur	537	18	10	565	
	Av. San Martín Norte	497	7	0	504	
Intersección 19	24 de Julio	140	20	12	172	1196
	Av. San Martín Norte	469	8	7	484	
	Av. San Martín Sur	517	17	6	540	
Intersección 20	10 de Noviembre	Salida de vehículos			0	1170
	Av. San Martín Sur	557	42	18	617	
	Av. San Martín Norte	517	30	7	553	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Resumen de intensidades por intersección 21 al 29

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr	Total intersección veh/hr
Intersección 21	21 de Enero	88	4	0	92	901
	Av. San Martín Norte	360	20	7	387	
	Av. San Martín Sur	383	26	15	423	
Intersección 22	Méndez	Salida de vehículos				831
	Av. San Martín Norte	354	35	15	404	
	Av. San Martín Sur	384	23	21	428	
Intersección 23	Chañares	87	3	0	90	770
	Av. San Martín Norte	350	21	11	381	
	Av. San Martín Sur	248	30	21	299	
Intersección 24	Cornelio Ríos	101	12	0	113	851
	Av. San Martín Norte	368	8	8	383	
	Av. San Martín Sur	318	24	14	356	
Intersección 25	Ceibos	63	0	0	63	719
	Av. San Martín Norte	278	12	24	314	
	Av. San Martín Sur	302	11	30	342	
Intersección 26	Robles	Salida de vehículos				722
	Av. San Martín Norte	336	8	20	363	
	Av. San Martín Sur	320	23	17	359	
Intersección 27	Urundeles	68	0	0	68	671
	Av. San Martín Norte	276	12	24	312	
	Av. San Martín Sur	255	9	27	291	
Intersección 28	Arrayanes	66	0	0	66	752
	Av. San Martín Norte	317	21	9	347	
	Av. San Martín Sur	309	15	15	339	
Intersección 29	Bernardino Bilbao	254	13	0	267	1662
	Av. San Martín Oeste	620	28	3	650	
	Av. San Martín Este	712	16	18	745	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Resumen de intensidades por intersección 30 al 31

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr	Total intersección veh/hr
Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	320	11	0	331	1347
	Av. Santa Cruz Norte	126	8	0	134	
	Av. San Martín Oeste	558	12	8	578	
	Av. San Martín Este	267	14	24	305	
Intersección 31	Ballivian	228	11	1	240	1198
	Av. San Martín Oeste	529	18	8	555	
	Av. San Martín Este	387	8	8	404	

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas de resumen de intensidades, al momento de aforrar se separó en vehículos livianos, medianos y pesados. El estudio comprendió 31 intersecciones que fueron seleccionadas al observar que tienen mayor flujo vehicular y que se encuentran en puntos de gran afluencia de mercados, plazas, colegios, terminal de buses, etc.

A continuación, se clasificará los volúmenes de los aforos:

- Según el uso público o privado
- Según la circulación, giro derecha, giro izquierda y frente
- Según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados

Tabla 3.6 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado, intersección 1 al 11

Intersección	Calle	Vehículos públicos		Vehículos privados	
		Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)	Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)
Intersección 1	Tarija	18	5	372	95
	Av. Bolivia	21	5	446	95
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	18	5	372	95
	Av. Bolivia Norte	15	3	461	97
Intersección 3	Yaguacua	0	0	87	100
	Av. Bolivia Sur	26	5	467	95
	Av. Bolivia Norte	21	6	332	94
Intersección 4	Chorolque	0	0	108	100
	Av. Bolivia Sur	12	3	407	97
	Av. Bolivia Norte	18	4	423	96
Intersección 5	Hugo Salazar E.	0	0	87	100
	Hugo Salazar O.	20	3	724	97
	Av. Bolivia	29	5	499	95
Intersección 6	Jacinto del fin I	5	3	158	97
	Av. San Martín	29	6	458	94
Intersección 7	Hugo Salazar	5	4	138	96
	Av. Bolivia	27	5	478	95
Intersección 8	Jacinto del Fin	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	29	4	741	96
	Av. San Martín Norte	33	5	579	95
Intersección 9	Juan XXIII	27	7	363	93
	Av. San Martín Norte	11	2	421	98
	Av. San Martín Sur	25	6	416	94
Intersección 10	San Pedro	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	16	2	644	98
	Av. San Martín Norte	26	4	574	96
Intersección 11	Gral. Campero	0	0	448	100
	Av. San Martín Norte	12	3	417	97
	Av. San Martín Sur	28	6	430	94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado, intersección 12 al 21

Intersección	Calle	Vehículos públicos		Vehículos privados	
		Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)	Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)
Intersección 12	Sucre	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	24	4	595	96
	Av. San Martín Norte	4	1	494	99
Intersección 13	Crevaux	5	3	137	97
	Av. San Martín Norte	8	2	440	98
	Av. San Martín Sur	1	1	428	99
Intersección 14	Cochabamba	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	20	3	567	97
	Av. San Martín Norte	22	4	510	96
Intersección 15	Av. Delicias	0	0	196	100
	Av. San Martín Norte	11	2	512	98
	Av. San Martín Sur	14	2	621	98
Intersección 16	Independencia	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	23	4	577	96
	Av. San Martín Norte	30	5	545	95
Intersección 17	27 de Mayo	5	5	98	95
	Av. San Martín Norte	18	4	462	96
	Av. San Martín Sur	15	3	455	97
Intersección 18	Tassakis	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	19	3	564	97
	Av. San Martín Norte	17	3	492	97
Intersección 19	24 de Julio	34	20	132	80
	Av. San Martín Norte	14	3	439	97
	Av. San Martín Sur	41	7	504	93
Intersección 20	10 de Noviembre	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Sur	70	11	569	89
	Av. San Martín Norte	47	8	526	92
Intersección 21	21 de Enero	0	0	89	100
	Av. San Martín Norte	37	9	357	91
	Av. San Martín Sur	52	12	393	88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Resumen de Volúmenes según el uso público o privado, intersección 22 al 31

Intersección	Calle	Vehículos públicos		Vehículos privados	
		Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)	Vehículos/ Hora	Porcentaje (%)
Intersección 22	Méndez	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Norte	26	6	437	94
	Av. San Martín Sur	39	9	374	91
Intersección 23	Chañares	0	0	90	100
	Av. San Martín Norte	19	5	375	95
	Av. San Martín Sur	27	9	273	91
Intersección 24	Cornelio Ríos	12	11	101	89
	Av. San Martín Norte	17	4	371	96
	Av. San Martín Sur	38	10	324	90
Intersección 25	Ceibos	0	0	66	100
	Av. San Martín Norte	18	6	303	94
	Av. San Martín Sur	24	7	321	93
Intersección 26	Robles	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Norte	12	3	333	97
	Av. San Martín Sur	23	6	366	94
Intersección 27	Urundeles	0	0	75	100
	Av. San Martín Norte	12	4	308	96
	Av. San Martín Sur	15	5	267	95
Intersección 28	Arrayanes	0	0	69	100
	Av. San Martín Norte	9	3	344	97
	Av. San Martín Sur	15	5	300	95
Intersección 29	Bernardino Bilbao	6	2	264	98
	Av. San Martín Oeste	27	4	630	96
	Av. San Martín Este	20	3	755	97
Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	19	5	322	95
	Av. Santa Cruz Norte	2	1	133	99
	Av. San Martín Oeste	28	5	524	95
	Av. San Martín Este	26	9	267	91
Intersección 31	Ballivian	15	6	221	94
	Av. San Martín Oeste	11	2	561	98
	Av. San Martín Este	12	3	408	97

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 1 al 11

Intersección	Calle o Acceso	Dirección de circulación		
		Frente (%)	Giro Derecha (%)	Giro Izquierda (%)
Intersección 1	Tarija	100.0	-	-
	Av. Bolivia	7.8	-	92.2
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	92.0	-	8.0
	Av. Bolivia Norte	92.8	-	7.2
Intersección 3	Yaguacua	-	29.3	70.7
	Av. Bolivia Sur	94.5	-	5.5
	Av. Bolivia Norte	93.5	6.5	-
Intersección 4	Chorolque	-	51.5	48.5
	Av. Bolivia Sur	91.6	-	8.4
	Av. Bolivia Norte	89.1	10.9	-
Intersección 5	Hugo Salazar E.	-	36.0	64.0
	Hugo Salazar O.	31.0	69.0	-
	Av. Bolivia	89.0	11.0	-
Intersección 6	Jacinto del fin I	100.0	-	-
	Av. San Martín	-	-	100.0
Intersección 7	Hugo Salazar	100.0	-	-
	Av. Bolivia	-	-	100.0
Intersección 8	Jacinto del Fin	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	78.2	-	21.8
	Av. San Martín Norte	85.5	14.5	-
Intersección 9	Juan XXIII	-	33.8	66.2
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 10	San Pedro	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	80.0	-	20.0
	Av. San Martín Norte	82.5	17.5	-
Intersección 11	Gral. Campero	-	100.0	-
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.10 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 12 al 21

Intersección	Calle o Acceso	Dirección de circulación		
		Frente (%)	Giro Derecha (%)	Giro Izquierda (%)
Intersección 12	Sucre	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	70.4	-	29.6
	Av. San Martín Norte	74.2	25.8	-
Intersección 13	Crevaux	-	41.7	58.3
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 14	Cochabamba	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	78.2	-	21.8
	Av. San Martín Norte	81.9	18.1	-
Intersección 15	Av. Delicias	-	72.0	28.0
	Av. San Martín Norte	82.0	-	18.0
	Av. San Martín Sur	87.0	13.0	-
Intersección 16	Independencia	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	85.0	-	15.0
	Av. San Martín Norte	91.2	8.8	-
Intersección 17	27 de Mayo	-	56.7	43.3
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 18	Tassakis	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	82.7	-	17.3
	Av. San Martín Norte	84.9	15.1	-
Intersección 19	24 de Julio	-	45.8	54.2
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 20	10 de Noviembre	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Sur	69.4	-	30.6
	Av. San Martín Norte	77.3	22.7	-
Intersección 21	21 de Enero	-	100.0	-
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.11 Resumen de Volúmenes según la circulación, intersección del 22 al 31

Intersección	Calle o Acceso	Dirección de circulación		
		Frente (%)	Giro Derecha (%)	Giro Izquierda (%)
Intersección 22	Méndez	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Norte	94.4	5.6	-
	Av. San Martín Sur	77.3	-	22.7
Intersección 23	Chañares	-	-	100.0
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 24	Cornelio Ríos	-	76.0	24.0
	Av. San Martín Norte	92.0	8.0	-
	Av. San Martín Sur	85.0	15.0	-
Intersección 25	Ceibos	-	76.2	23.8
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 26	Robles	Salida de vehículos		
	Av. San Martín Norte	93.6	6.4	-
	Av. San Martín Sur	83.3	-	16.7
Intersección 27	Urundeles	-	44.4	55.6
	Av. San Martín Norte	100.0	-	-
	Av. San Martín Sur	100.0	-	-
Intersección 28	Arrayanes	63.6	13.6	22.7
	Av. San Martín Norte	85.7	7.8	6.5
	Av. San Martín Sur	67.3	9.7	23.0
Intersección 29	Bernardino Bilbao	25.1	40.2	34.7
	Av. San Martín Oeste	75.6	9.9	14.5
	Av. San Martín Este	84.1	7.4	8.5
Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	10.0	25.0	65.0
	Av. Santa Cruz Norte	55.0	25.0	20.0
	Av. San Martín Oeste	38.0	55.0	7.0
	Av. San Martín Este	67.0	14.0	18.0
Intersección 31	Ballivian	-	46.8	53.2
	Av. San Martín Oeste	100.0	-	-
	Av. San Martín Este	100.0	-	-

Tabla 3.12 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 1 al 11

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr
Intersección 1	Tarija	371	15	9	395
	Av. Bolivia	437	18	5	459
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	324	27	6	357
	Av. Bolivia Norte	437	18	3	458
Intersección 3	Yaguacua	71	5	12	87
	Av. Bolivia Sur	461	23	12	495
	Av. Bolivia Norte	312	21	6	339
Intersección 4	Chorolque	86	12	5	102
	Av. Bolivia Sur	404	21	5	429
	Av. Bolivia Norte	413	17	11	440
Intersección 5	Hugo Salazar E.	77	0	6	83
	Hugo Salazar O.	678	32	9	718
	Av. Bolivia	479	25	20	524
Intersección 6	Jacinto del fin I	158	6	0	164
	Av. San Martín	460	21	7	488
Intersección 7	Hugo Salazar	140	4	0	144
	Av. Bolivia	481	24	0	505
Intersección 8	Jacinto del Fin	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	725	32	5	762
	Av. San Martín Norte	530	25	0	555
Intersección 9	Juan XXIII	392	20	3	415
	Av. San Martín Norte	410	18	8	436
	Av. San Martín Sur	415	22	5	442
Intersección 10	San Pedro	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	657	17	0	673
	Av. San Martín Norte	617	23	0	640
Intersección 11	Gral. Campero	294	6	0	300
	Av. San Martín Norte	402	25	0	427
	Av. San Martín Sur	439	20	8	467

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 12 al 21

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr
Intersección 12	Sucre	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	610	32	0	642
	Av. San Martín Norte	458	12	0	470
Intersección 13	Crevaux	127	0	0	127
	Av. San Martín Norte	427	12	0	439
	Av. San Martín Sur	402	13	0	415
Intersección 14	Cochabamba	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	581	13	7	601
	Av. San Martín Norte	493	21	3	517
Intersección 15	Av. Delicias	187	15	4	206
	Av. San Martín Norte	489	17	19	525
	Av. San Martín Sur	608	18	13	638
Intersección 16	Independencia	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	581	8	8	597
	Av. San Martín Norte	513	5	4	522
Intersección 17	27 de Mayo	117	4	0	121
	Av. San Martín Norte	470	8	10	488
	Av. San Martín Sur	444	17	9	470
Intersección 18	Tassakis	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	537	18	10	565
	Av. San Martín Norte	497	7	0	504
Intersección 19	24 de Julio	140	20	12	172
	Av. San Martín Norte	469	8	7	484
	Av. San Martín Sur	517	17	6	540
Intersección 20	10 de Noviembre	Salida de vehículos			0
	Av. San Martín Sur	557	42	18	617
	Av. San Martín Norte	517	30	7	553
Intersección 21	21 de Enero	88	4	0	92
	Av. San Martín Norte	360	20	7	387
	Av. San Martín Sur	383	26	15	423

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14 Resumen de Volúmenes según el tipo de vehículo, livianos, medianos o pesados, intersección 22 al 31

Intersección	Calle	Livianos veh/hr	Medianos veh/hr	Pesados veh/hr	Total acceso veh/hr
Intersección 22	Méndez	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Norte	354	35	15	404
	Av. San Martín Sur	384	23	21	428
Intersección 23	Chañares	87	3	0	90
	Av. San Martín Norte	350	21	11	381
	Av. San Martín Sur	248	30	21	299
Intersección 24	Cornelio Ríos	101	12	0	113
	Av. San Martín Norte	368	8	8	383
	Av. San Martín Sur	318	24	14	356
Intersección 25	Ceibos	63	0	0	63
	Av. San Martín Norte	278	12	24	314
	Av. San Martín Sur	302	11	30	342
Intersección 26	Robles	Salida de vehículos			
	Av. San Martín Norte	336	8	20	363
	Av. San Martín Sur	320	23	17	359
Intersección 27	Urundeles	68	0	0	68
	Av. San Martín Norte	276	12	24	312
	Av. San Martín Sur	255	9	27	291
Intersección 28	Arrayanes	66	0	0	66
	Av. San Martín Norte	317	21	9	347
	Av. San Martín Sur	309	15	15	339
Intersección 29	Bernardino Bilbao	254	13	0	267
	Av. San Martín Oeste	620	28	3	650
	Av. San Martín Este	712	16	18	745
Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	320	11	0	331
	Av. Santa Cruz Norte	126	8	0	134
	Av. San Martín Oeste	558	12	8	578
	Av. San Martín Este	267	14	24	305
Intersección 31	Ballivian	228	11	1	240
	Av. San Martín Oeste	529	18	8	555
	Av. San Martín Este	387	8	8	404

Fuente: Elaboración propia

3.4 OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES DE TRAFICO

Las variables básicas del tráfico son la intensidad, la velocidad, la densidad, el intervalo de tiempo y el espaciamiento entre vehículos.

Tanto la intensidad como la velocidad tenemos como datos del aforo que se realizó y que ya están debidamente estadísticamente calculados, para encontrar la densidad se utilizará la siguiente expresión:

$$Densidad \left(\frac{veh}{km} \right) = \frac{intensidad \left(\frac{veh}{hr} \right)}{velocidad \left(\frac{km}{hr} \right)}$$

3.5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD

3.5.1 Velocidad de punto

La velocidad de punto es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc.

La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras.

Al ser una velocidad que se considere en flujo libre eso no sería posible en espacios o distancias largas por ello que para su estudio se definen espacios o distancias pequeñas, en el caso de ciudades los espacios serán de 25, 50 o 100 metros y en el caso de carreteras los espacios serán de 100, 200 o 500 metros siempre y cuando no haya accesos de entrada y de salida.

La relación que nos permite determinar la velocidad de punto es la siguiente

$$V_p = \frac{d}{t}$$

Donde:

V_p = Velocidad de punto (km/hr)

d = Distancia (km)

t = Tiempo (hr)

3.5.2 Método de medición

El método utilizado fue el del cronometro aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

Tabla 3.15 Análisis y cálculo de la velocidad, intersecciones del 1 al 18

Hora		08:00 a 09:00	011:00 a 12:00	18:00 a 19:00	Media Aritmética	Desviación	08:00 a 09:00	011:00 a 12:00	18:00 a 19:00	Velocidad (km/hr)
Intersección	Calle	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)			Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	
Intersección 1	Tarija	41.47	34.48	35.29	37.08	3.82	0.00	34.48	35.29	34.89
Intersección 2	Uyuni	29.90	33.46	39.30	34.22	4.75	29.90	33.46	0.00	31.68
Intersección 3	Yaguacua	37.19	37.19	37.19	37.19	0.00	37.19	37.19	37.19	37.19
Intersección 4	Chorolque	41.67	40.54	40.18	40.80	0.78	0.00	40.54	40.18	40.36
Intersección 5	Hugo Salazar	27.95	29.51	28.85	28.77	0.78	0.00	29.51	28.85	29.18
Intersección 6	Jacinto del fin I	31.14	30.51	30.30	30.65	0.44	0.00	30.51	30.30	30.41
Intersección 7	Hugo Salazar I	31.36	33.71	30.72	31.93	1.57	31.36	0.00	30.72	31.04
Intersección 8	Jacinto del Fin	29.90	31.47	34.48	31.95	2.33	29.90	31.47	0.00	30.68
Intersección 9	Juan XXIII	31.36	34.22	33.58	33.05	1.50	0.00	34.22	33.58	33.90
Intersección 10	San Pedro	29.70	30.82	31.58	30.70	0.94	0.00	30.82	31.58	31.20
Intersección 11	Gral. Campero	41.28	34.62	38.14	38.01	3.34	41.28	0.00	38.14	39.71
Intersección 12	Sucre	43.90	44.33	41.86	43.37	1.32	43.90	44.33	0.00	44.12
Intersección 13	Crevaux	38.46	40.18	38.14	38.93	1.10	38.46	0.00	38.14	38.30
Intersección 14	Cochabamba	46.39	46.15	44.12	45.55	1.25	46.39	46.15	0.00	46.27
Intersección 15	Av. Delicias	34.35	36.73	35.57	35.55	1.19	0.00	36.73	35.57	36.15
Intersección 16	Independencia	38.46	38.14	37.19	37.93	0.66	38.46	38.14	0.00	38.30
Intersección 17	27 de Mayo	38.79	39.65	38.96	39.13	0.45	38.79	0.00	38.96	38.88
Intersección 18	Tassaki	44.33	42.25	41.67	42.75	1.40	0.00	42.25	41.67	41.96

Fuente: Elaboración propia

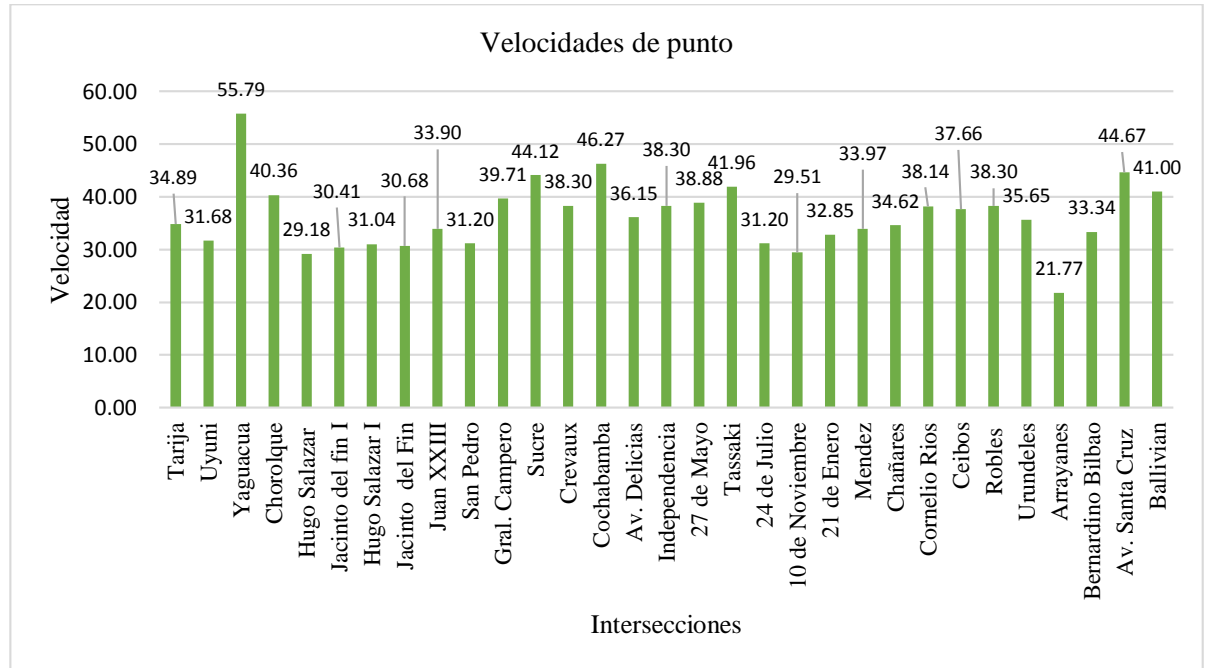
Tabla 3.16 Análisis y cálculo de la velocidad, intersecciones del 18 al 31

Hora		08:00 a 09:00	011:00 a 12:00	18:00 a 19:00	Media Aritmética	Desviación	08:00 a 09:00	011:00 a 12:00	18:00 a 19:00	Velocidad (km/hr)
Intersección	Calle	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)			Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	
Intersección 19	24 de Julio	31.58	33.96	30.82	32.12	1.64	31.58	0.00	30.82	31.20
Intersección 20	10 de Noviembre	29.61	28.94	29.41	29.32	0.34	29.61	0.00	29.41	29.51
Intersección 21	21 de Enero	32.73	32.97	34.09	33.26	0.73	32.73	32.97	0.00	32.85
Intersección 22	Méndez	34.35	35.29	33.58	34.41	0.86	34.35	0.00	33.58	33.97
Intersección 23	Chañares	36.73	35.16	34.09	35.33	1.33	0.00	35.16	34.09	34.62
Intersección 24	Cornelio Ríos	36.29	37.82	38.46	37.52	1.11	0.00	37.82	38.46	38.14
Intersección 25	Ceibos	37.97	37.34	38.63	37.98	0.64	37.97	37.34	0.00	37.66
Intersección 26	Robles	38.46	38.14	39.30	38.63	0.60	38.46	38.14	0.00	38.30
Intersección 27	Urundeles	36.14	35.16	37.19	36.16	1.02	36.14	35.16	0.00	35.65
Intersección 28	Arrayanes	22.00	21.53	19.52	21.02	1.32	22.00	21.53	0.00	21.77
Intersección 29	Bernardino Bilbao	33.58	33.09	41.47	36.05	4.71	33.58	33.09	0.00	33.34
Intersección 30	Av. Santa Cruz	41.67	45.00	44.33	43.67	1.76	0.00	45.00	44.33	44.67
Intersección 31	Ballivian	40.72	41.28	39.65	40.55	0.83	40.72	41.28	0.00	41.00

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Resumen de la velocidad de punto

Gráfica 3.2 Resumen velocidad de punto en cada intersección



Fuente: elaboración propia

3.5.4 Velocidad de recorrido total

Para la velocidad de recorrido total se realizó el cronometraje de inicio a fin del tramo tanto de sur a norte y viceversa, se tomó encuentra el tiempo total de recorrido y paralelamente se cronometró los tiempos donde el vehículo se detenía ya sea por los semáforos existentes, congestión o por algún otro motivo.

$$Vel. de recorrido = \frac{Distancia (km)}{Tiempo de deomoras (hr) + Tiempo de circulación (hr)}$$

En el siguiente cuadro se puede observar los tiempos y las velocidades de recorrido total encontrados:

Tabla 3.17 Velocidad de recorrido total

Velocidad de recorrido					
Tiempos de demora		Tiempo de circulación	Tiempo total de recorrido	Distancia	Velocidad de recorrido
Motivo	Tiempo (s)	(s)	(s)	(km)	(Km/hr)
Semáforo	18.2	690	760.3	6.4	30.3
Ceder el paso	6.3				
Semáforo	17.4				
Congestión terminal	15.3				
Ceder el paso	13.1				
Tiempo total de recorrido	760.3				

Fuente: Elaboración propia

Luego de las velocidades encontradas tanto como la velocidad de punto y la velocidad de recorrido se puede ver que la velocidad de punto promedio es de 35.71 km/hr, mientras que la de recorrido es menor 30.30 km/hr.

3.6 CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

3.6.1 Capacidad y nivel de servicio en vías interrumpidas

Para el cálculo se utilizó el manual de capacidad que de acuerdo a varios estudios de investigación ha determinado dos gráficas o ábacos que nos sirve de base para determinar una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y buses y el 20% del volumen realiza movimientos de giros a la izquierda o la derecha.

Como datos de entradas debemos tener la intensidad calculada del aforo, como también si el porcentaje de vehículos que hacen giros a la izquierda o derecha y como último el ancho del acceso a la intersección.

3.6.2 Ejemplo de cálculo método HCM

A continuación, se realizará el cálculo de la capacidad de dos intersecciones como ejemplo, el resto del cálculo se encuentra más a detalle en el anexo D.

Intersección 5: Calle Juan XXIII – Av. San Martín

Datos: Acceso 1

Primer caso

Calles con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni indicaciones especiales de semáforo para los movimientos de giro.

Para este caso se determina primeramente la capacidad teórica en el ábaco correspondiente y se hacen las siguientes reducciones.

- Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco
- Sustraer un 1% por cada 1% que los buses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
- Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el transito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- Sustraer un 1% por cada 1% en que el transito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
- Por paradas de buses antes de la intersección restar el 10% por parada de buses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias

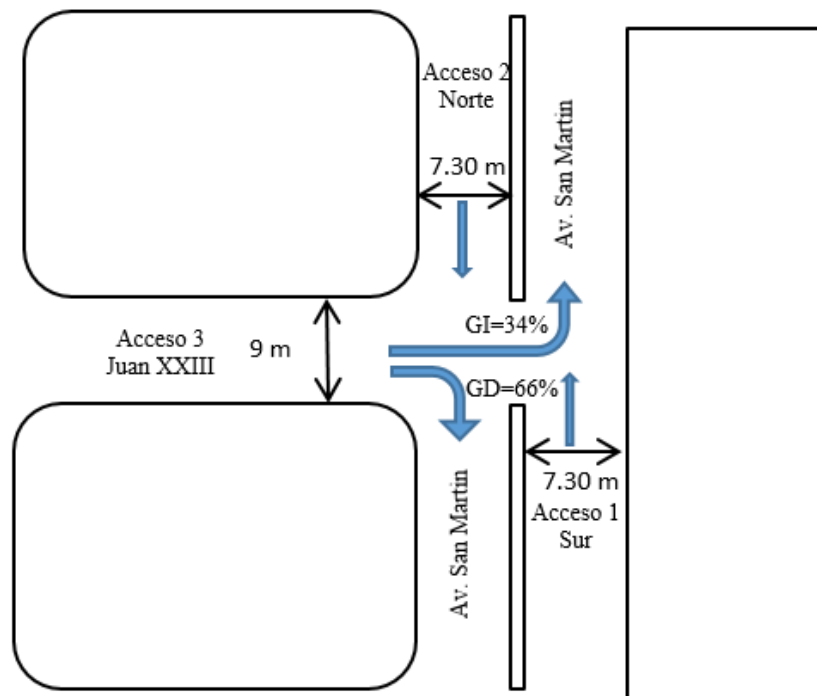
- Por estacionamientos permitidos restar 1.80 mts del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.

Giro izquierdo: 0%

Giro derecho: 0%

porcentaje de pesado acceso 1: 5%

Figura 3.5 Detalle de la intersección 5



Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Factores de giro

Sustraer un 1% por cada 1 % en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total. En el caso del acceso 1 no existe giro izquierdo, en este caso el factor de giro izquierda es directamente sería 0, pero como ejemplo se ilustra la ecuación.

$$\text{Factor giro izquierda} = ((\% \text{ giro izquierda} - 10\%) * 1\%) + 1$$

$$\text{Factor giro izquierda} = 0$$

Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total. En el caso del acceso 1 no existe giro derecho, en este caso el factor de giro derecha es directamente sería 0, pero como ejemplo se ilustra la ecuación.

$$\text{Factor giro derecha} = ((\% \text{ giro derecha} - 10\%) * 0.5\%) + 1$$

$$\text{Factor giro derecha} = 0$$

3.1.2 Factor de vehículos pesados

Sustraer un 1% por cada 1% que los buses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos. En el caso del acceso 1 el porcentaje no pasa del 10%, solo se tiene un 5% en este caso el factor de vehículos pesados directamente sería 0, pero como ejemplo se ilustra la ecuación.

$$\text{factor vehiculos pesados} = ((\% \text{ vehiculos pesados} - 10\%) * 01\%) + 1$$

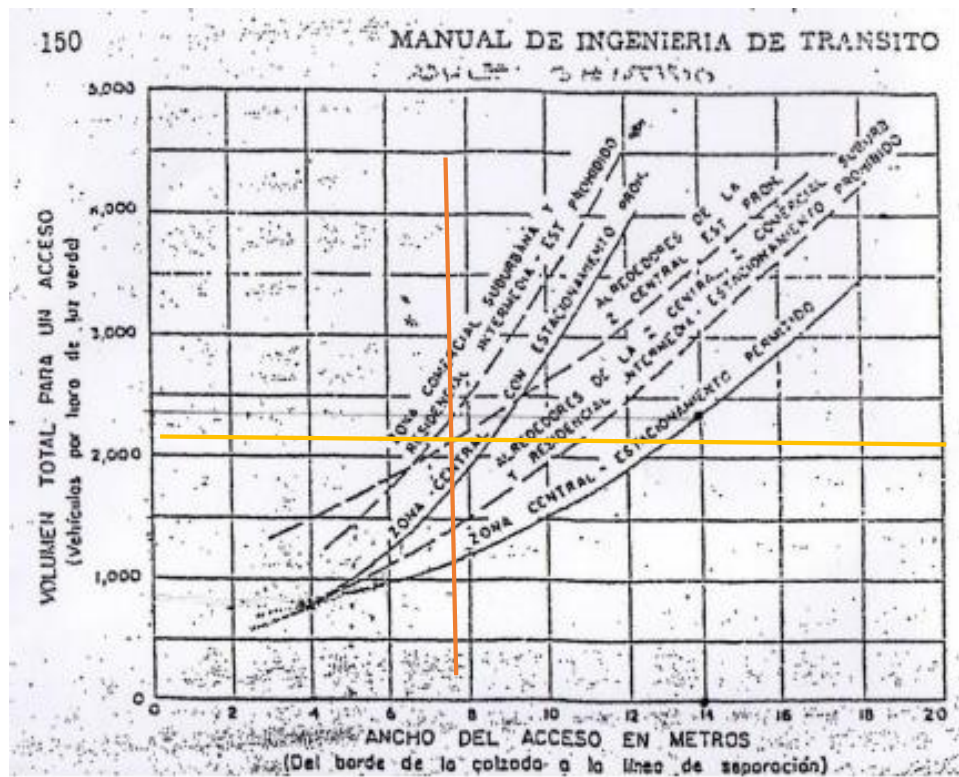
$$\text{factor vehiculos pesados} = 0$$

3.1.3 Capacidad ideal

Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco, como dato tenemos que el ancho del acceso es de 7.30 metros y que es (4)

Alrededores de zona central Suburbana y Residencial intermedia - Estacionamiento Prohibido.

Figura 3.6 Ábaco de capacidad ideal



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

del ábaco se obtiene 1400 veh/hr

$$Capacidad\ real = Capacidad\ ideal * FGD * FGI * FVP$$

Como todos los factores del acceso son 1 la capacidad real sería igual a la capacidad ideal.

$$Capacidad\ real\ acceso\ 1 = 1400\ veh/hr$$

Datos: Acceso 2

Primer caso

En este caso se tiene los mismos datos ya que no existe giro ni deracha ni izquierda y el ancho del acceso es el mismo, por lo que se procederá de la misma manera donde se tiene que la capacidad ideal es:

$$\text{Capacidad real acceso 2} = 1400 \text{ veh/hr}$$

Datos: Acceso 3

Giro izquierdo = 34%

Giro derecho = 66%

Porcentaje de pesado acceso 3 = 2%

Ancho del acceso

Tercer caso

Calles con circulación en un solo sentido.

Para este caso se determina la capacidad teórica a partir del segundo ábaco y se determina las siguientes correcciones:

- Se considera como capacidad practica al 10% más bajo del valor obtenido en el ábaco
- Se reduce por buses y camiones 1% por cada 1% que exceda del 10% del volumen total
- Usar el ancho Restar 0.5% por cada 1% en el transito combinado que gira a izquierda o derecha exceda del 20% del tránsito total

- Normal de la calle al aplicar las curvas de los ábacos antes de efectuar las correcciones de los incisos a y b.

Factores de giro

Restar 0.5% por cada 1% en el tránsito combinado que gira a izquierda o derecha exceda del 20% del tránsito total. En el caso del acceso 3 el giro izquierdo es 34% sobrepasa el 20% entonces corresponde realizar el cálculo del factor.

$$\text{Factor giro izquierda} = ((\% \text{ giro izquierda} - 20\%) * 0.5 \%) + 1$$

$$\text{Factor giro izquierda} = ((34\% - 20\%) * 0.5\%) + 1$$

$$\text{Factor giro izquierda} = 0.93$$

Restar 0.5% por cada 1% en el tránsito combinado que gira a izquierda o derecha exceda del 20% del tránsito total. En el caso del acceso 3 el giro izquierdo es 34% sobrepasa el 20% entonces corresponde realizar el cálculo del factor.

$$\text{Factor giro derecha} = ((\% \text{ giro derecha} - 20\%) * 0.5\%) + 1$$

$$\text{Factor giro derecha} = ((66\% - 20\%) * 0.5\%) + 1$$

$$\text{Factor giro derecha} = 0.77$$

Factor de vehículos pesados

Sustraer un 1% por cada 1% que los buses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos. En el caso del acceso 1 el porcentaje no pasa del 10%, solo se tiene un 2% en este caso el factor de vehículos pesados directamente sería 0, pero como ejemplo se ilustra la ecuación.

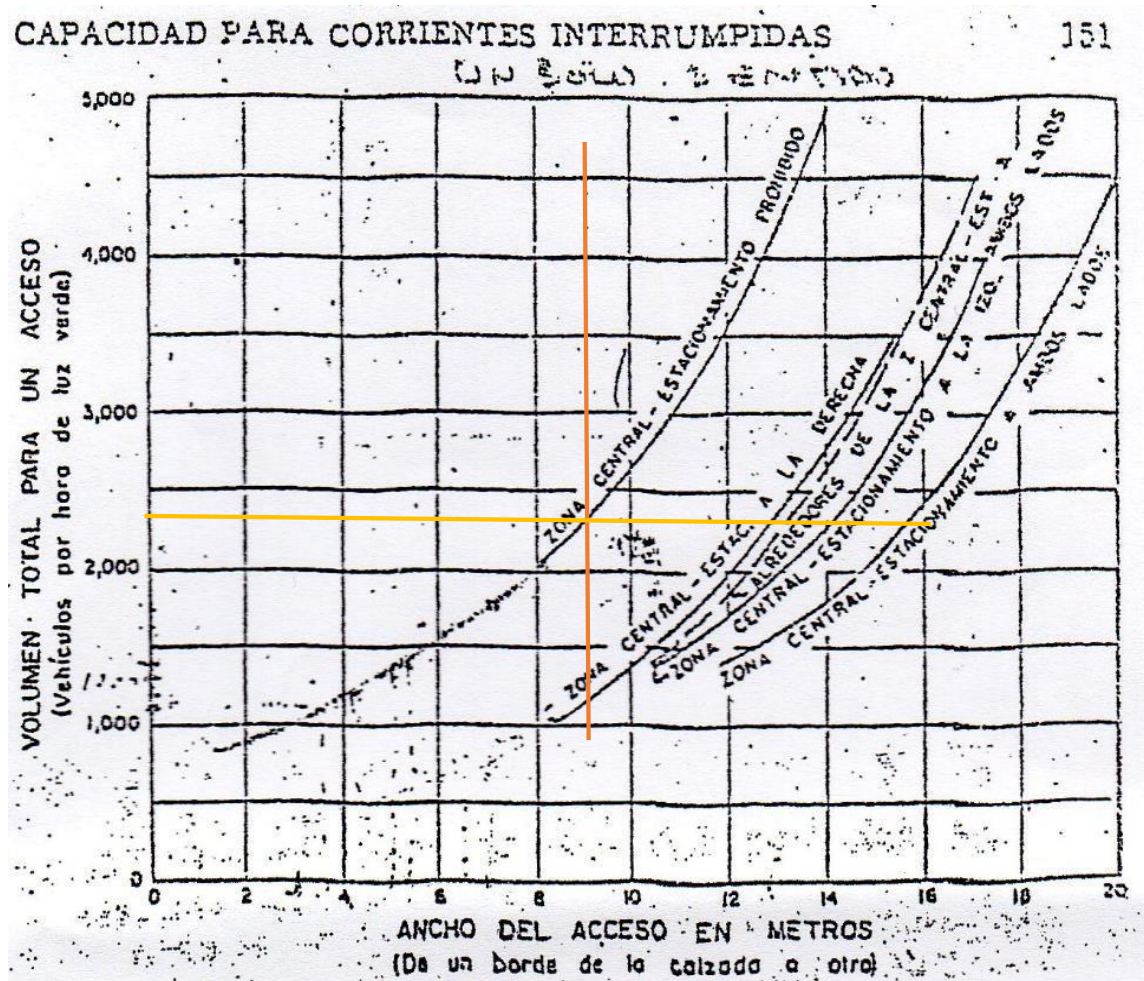
$$\text{factor vehiculos pesados} = ((\% \text{ vehiculos pesados} - 10\%) * 0.1\%) + 1$$

factor vehiculos pesados = 0

Capacidad ideal

Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco, como dato tenemos que el ancho del acceso es de 9 metros y que es (1) Zona central - Estacionamiento Prohibido.

Figura 3.7 Ábaco de capacidad ideal para accesos en un solo sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

Del Abaco se obtiene 2300 veh/hr

$$Capacidad\ real = Capacidad\ ideal * FGD * FGI * FVP$$

Como todos los factores del acceso son 0 la capacidad real sería igual a la capacidad ideal.

$$\text{Capacidad real} = 2300 \frac{\text{veh}}{\text{hr}} * 0.93 * 0.77$$

$$\text{Capacidad real acceso 3} = 1647 \frac{\text{veh}}{\text{hr}}$$

Nivel de servicio

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad ideal}}$$

Intersección 5: Calle Juan XXIII – Av. San Martín

Acceso 1

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{440 \text{ veh/hr}}{1400 \text{ veh/hr}}$$

$$\text{Nivel de servicio} = 0.31 \text{ (nivel de servicio D)}$$

Acceso 2

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{440 \text{ veh/hr}}{1400 \text{ veh/hr}}$$

$$\text{Nivel de servicio} = 0.31 \text{ (nivel de servicio D)}$$

Acceso 3

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{411 \text{ veh/hr}}{1647 \text{ veh/hr}}$$

$$\text{Nivel de servicio} = 0.25 \text{ (nivel de servicio C)}$$

3.6.3 Cuadro de resultados de capacidad y nivel de servicio

Tabla 3.18 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 1 al 7

Intersección	Calle	Capacidad ideal tabla	Volumen total veh/hr	Factor giro derecha	Factor giro izquierda	Factor veh. pesados	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Intersección 1	Tarija	2000	395	1.00	1.00	0.99	1976	0.200	B
	Av. Bolivia	2050	459	1.00	1.00	1.00	2050	0.224	C
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	2200	357	1.00	1.00	1.00	2200	0.162	B
	Av. Bolivia Norte	2200	458	1.00	1.00	0.99	2178	0.210	C
Intersección 3	Yaguacua	1400	87	0.96	0.75	0.98	977	0.089	A
	Av. Bolivia Sur	2200	495	1.00	1.00	1.00	2194	0.226	C
	Av. Bolivia Norte	2200	339	1.00	1.00	0.98	2161	0.157	B
Intersección 4	Chorolque	1400	102	0.85	0.86	1.00	1011	0.101	B
	Av. Bolivia Sur	2200	429	1.00	1.00	1.00	2196	0.195	B
	Av. Bolivia Norte	2200	440	1.00	1.00	0.99	2173	0.202	C
Intersección 5	Hugo Salazar E.	2050	83	0.92	0.78	0.86	1268	0.065	A
	Hugo Salazar O.	2050	718	1.00	0.76	1.00	1548	0.464	E
	Av. Bolivia	2200	524	1.00	1.00	0.99	2173	0.241	C
Intersección 6	Jacinto del fin I	1000	164	1.00	1.00	1.00	1000	0.164	B
	Av. Bolivia	1000	488	1.00	0.60	1.00	600	0.814	F
Intersección 7	Hugo Salazar	1000	144	1.00	1.00	1.00	1000	0.144	B
	Av. Bolivia	1000	505	1.00	0.60	1.00	600	0.842	F

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 8 al 13

Intersección	Calle	Capacidad ideal tabla	Volumen total veh/hr	Factor giro derecha	Factor giro izquierda	Factor veh. pesados	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Intersección 8	Jacinto del Fin	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2200	762	1.00	0.94	1.00	2068	0.368	D
	Av. San Martín Norte	2200	555	0.98	1.00	1.00	2145	0.259	C
Intersección 9	Juan XXIII	2300	415	0.77	0.93	1.00	1647	0.252	C
	Av. San Martín Norte	1400	436	1.00	1.00	1.00	1400	0.311	D
	Av. San Martín Sur	1400	442	1.00	1.00	1.00	1400	0.315	D
Intersección 10	San Pedro	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2050	673	1.00	0.95	1.00	1948	0.346	D
	Av. San Martín Norte	2050	640	0.97	1.00	1.00	1978	0.324	D
Intersección 11	Gral. Campero	1000	300	0.60	1.00	1.00	600	0.501	F
	Av. San Martín Norte	1500	427	1.00	1.00	1.00	1500	0.284	C
Intersección 12	Sucre	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2000	642	1.00	0.90	1.00	1800	0.357	D
	Av. San Martín Norte	2000	470	0.92	1.00	1.00	1840	0.255	C
Intersección 13	Crevaux	1050	127	0.89	0.81	1.00	757	0.168	B
	Av. San Martín Norte	2000	439	1.00	1.00	1.00	2000	0.219	C
	Av. San Martín Sur	2000	415	1.00	1.00	1.00	2000	0.207	C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 14 al 19

Intersección	Calle	Capacidad ideal tabla	Volumen total veh/hr	Factor giro derecha	Factor giro izquierda	Factor veh. pesados	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Intersección 14	Cochabamba	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2000	601	1.00	0.94	1.00	1880	0.320	D
	Av. San Martín Norte	2000	517	0.96	1.00	1.00	1920	0.269	C
Intersección 15	Av. Delicias	1300	206	0.69	0.91	0.96	785	0.262	C
	Av. San Martín Norte	2000	525	1.00	0.96	1.00	1915	0.274	C
	Av. San Martín Sur	2000	638	0.99	1.00	1.00	1970	0.324	D
Intersección 16	Independencia	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2000	597	1.00	0.98	1.00	1950	0.306	D
	Av. San Martín Norte	2000	522	1.00	1.00	1.00	2000	0.261	C
Intersección 17	27 de Mayo	1000	121	0.82	0.89	1.00	721	0.168	B
	Av. San Martín Norte	2050	488	1.00	1.00	1.00	2050	0.238	C
	Av. San Martín Sur	2050	470	1.00	1.00	1.00	2050	0.229	C
Intersección 18	Tassakis	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2000	565	1.00	0.97	1.00	1930	0.292	C
	Av. San Martín Norte	2000	504	0.98	1.00	1.00	1950	0.258	C
Intersección 19	24 de Julio	1000	172	0.87	0.83	1.00	722	0.239	C
	Av. San Martín Norte	1500	484	1.00	1.00	1.00	1500	0.323	D
	Av. San Martín Sur	1500	540	1.00	1.00	1.00	1500	0.360	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 20 al 25

Intersección	Calle	Capacidad ideal tabla	Volumen total veh/hr	Factor giro derecha	Factor giro izquierda	Factor veh. pesados	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Intersección 20	10 de Noviembre	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Sur	2000	617	1.00	0.90	1.00	1790	0.345	D
	Av. San Martín Norte	2000	553	0.94	1.00	1.00	1870	0.296	C
Intersección 21	21 de Enero	1000	92	0.60	1.00	1.00	600	0.153	B
	Av. San Martín Norte	1500	387	1.00	1.00	1.00	1493	0.259	C
Intersección 22	Méndez	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Norte	2000	404	1.00	0.94	0.98	1841	0.219	C
	Av. San Martín Sur	2000	428	1.00	1.00	0.99	1976	0.216	C
Intersección 23	Chañares	1400	90	0.60	1.00	1.00	840	0.107	B
	Av. San Martín Norte	2000	381	1.00	1.00	0.99	1980	0.192	B
	Av. San Martín Sur	2000	299	1.00	1.00	0.96	1920	0.155	B
Intersección 24	Cornelio Ríos	1400	113	0.72	0.98	1.00	988	0.114	B
	Av. San Martín Norte	2000	383	1.00	1.00	0.99	1988	0.192	B
	Av. San Martín Sur	2000	356	1.00	0.98	0.98	1916	0.186	B
Intersección 25	Ceibos	1400	63	0.72	0.98	1.00	988	0.064	A
	Av. San Martín Norte	2000	314	1.00	1.00	0.96	1919	0.163	B
	Av. San Martín Sur	2000	342	1.00	1.00	0.96	1917	0.178	B

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22 Resultados de capacidad y nivel de servicio, intersecciones del 26 al 31

Intersección	Calle	Capacidad ideal tabla	Volumen total veh/hr	Factor giro derecha	Factor giro izquierda	Factor veh. pesados	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Intersección 26	Robles	Salida de vehículos							
	Av. San Martín Norte	2000	363	1.00	1.00	0.97	1948	0.186	B
	Av. San Martín Sur	2000	359	1.00	0.97	0.98	1890	0.190	B
Intersección 27	Urundeles	1400	68	0.88	0.82	1.00	1010	0.067	A
	Av. San Martín Norte	2000	312	1.00	1.00	0.96	1918	0.163	B
	Av. San Martín Sur	2000	291	1.00	1.00	0.95	1898	0.153	B
Intersección 28	Arrayanes	1400	66	1.00	0.99	1.00	1379	0.048	A
	Av. San Martín Norte	2000	347	1.00	1.00	0.99	1973	0.176	B
	Av. San Martín Sur	2000	339	1.00	0.94	0.98	1828	0.185	B
Intersección 29	Bernardino Bilbao	1400	267	0.95	0.90	1.00	1191	0.224	C
	Av. San Martín Oeste	2200	650	1.00	0.98	1.00	2156	0.301	D
	Av. San Martín Este	2200	745	1.00	1.00	1.00	2200	0.339	D
Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	2200	331	0.93	0.73	1.00	1483	0.223	C
	Av. Santa Cruz Norte	2200	134	0.93	0.95	1.00	1933	0.069	A
	Av. San Martín Oeste	2200	578	0.78	1.00	1.00	1705	0.339	D
	Av. San Martín Este	2200	305	0.98	0.96	0.96	1981	0.154	B
Intersección 31	Ballivian	1400	240	0.87	0.84	1.00	1011	0.237	C
	Av. San Martín Oeste	2200	555	1.00	1.00	1.00	2200	0.252	C
	Av. San Martín Este	2200	404	1.00	1.00	1.00	2190	0.184	B

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Capacidad y nivel de servicio en vías ininterrumpidas

3.6.4.1 Capacidad de vías ininterrumpidas en tramos críticos

Como ejemplo de cálculo tomaremos a la intersección 20, 10 de noviembre

Se utilizará el método del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

$$Capacidad\ real = Capacidad\ teorica * Fpe * Fd * Fcb * Fvp$$

Donde:

Fpe = Factor de corrección por pendiente

Fd = Factor de corrección por distribución de sentido

Fcb = Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma

Fvp = Factor de corrección por vehículos pesados

Para la capacidad teórica se toma un valor de 3200 automóviles por hora en ambos sentidos el cual luego se multiplica por varios factores de corrección hasta encontrar la capacidad para las condiciones estudiadas en vehículos de todas clases por hora.

El factor de corrección por pendiente se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 3.23 Factor de corrección por pendiente

Pendiente ascenderte (%)	Longitud de la pendiente (km)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
3	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
4	0.98	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.98	0.95	0.94	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
6	0.97	0.95	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89
7	0.96	0.93	0.91	0.89	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
8	0.96	0.92	0.89	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.84
9	0.94	0.89	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
10	0.92	0.85	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74
11	0.90	0.81	0.76	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68
12	0.87	0.76	0.71	0.68	0.67	0.64	0.64	0.63	0.63	0.61	0.61	0.61

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Datos de la intersección 20, 10 de noviembre:

Pendiente 1%

Longitud del tramo 3.12 km

Interpolando en el cuadro obtenemos un Fpe de 0.98

El factor de corrección por distribución de sentido se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 3.24 Factor de corrección por distribución de sentido

Distribución por sentido A/D	Porcentaje de zonas de no rebase					
	0	20	40	60	80	100
50/50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
60/40	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85	0.83
70/30	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74	0.71
80/20	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63
90/10	0.69	0.66	0.64	0.61	0.58	0.56
100/100	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.50

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

La distribución de sentido del tramo es de 53/47 y el porcentaje de no rebase de 10, interpolando se obtiene un Fd de 0.969.

El factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma se obtendrá de la siguiente tabla:

Tabla 3.25 Factor de corrección por efecto combinado del ancho de carril y berma

Ancho utilizable de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92
1.50	0.99	0.99	0.98	0.95	0.91
1.20	0.99	0.98	0.97	0.95	0.91
1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90
0.50	0.98	0.97	0.96	0.93	0.89
0.00	0.97	0.96	0.95	0.92	0.88

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

El ancho del carril del tramo en estudio es de 3.50 m y un ancho de berma igual a 0 debido a que la zona urbana no presenta la misma, con ambos valores se obtuvo un Fcb de 0.96.

Para el factor de corrección por vehículos pesados se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 3.26 Factor de corrección por vehículos pesados

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehículos pesados					
		10	20	30	40	50	60
0.00	Todas	0.95	0.9	0.87	0.84	0.81	0.78
1	0.50	0.95	0.90	0.87	0.84	0.81	0.78
	1.00	0.94	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77
	1.50	0.93	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77
	2.00	0.92	0.87	0.85	0.82	0.79	0.76
	3.00	0.91	0.87	0.84	0.82	0.79	0.76
	4.00	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75
	> 5.00	0.90	0.87	0.83	0.81	0.78	0.75
2	0.50	0.94	0.90	0.85	0.83	0.80	0.77
	1.00	0.93	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76
	1.50	0.92	0.88	0.84	0.81	0.79	0.76
	2.00	0.90	0.86	0.83	0.80	0.78	0.75
	3.00	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73
	4.00	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
	> 5.00	0.86	0.83	0.80	0.77	0.74	0.72
3	0.50	0.94	0.89	0.84	0.81	0.78	0.75
	1.00	0.92	0.87	0.83	0.80	0.77	0.75
	1.50	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.73
	2.00	0.87	0.83	0.80	0.77	0.74	0.71
	3.00	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70
	4.00	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
	> 5.00	0.84	0.80	0.78	0.75	0.72	0.69

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Como dato de entrada para encontrar el valor tenemos que la pendiente es 1%, porcentaje de vehículos pesados 6%, longitud de la pendiente de 3.12 km. Interpolando obtenemos un valor F_{vp} de 0.91.

Con todos los datos ya obtenidos previamente procederemos a calcular la capacidad real del tramo:

$$Capacidad\ real = Capacidad\ te\acute{o}rica * Fpe * Fd * Fcb * Fvp$$

$$Capacidad\ real = 3200 \frac{veh}{hr} * 0.98 * 0.969 * 0.96 * 0.91$$

$$Capacidad\ real = 2655 \frac{veh}{hr}$$

3.6.4.2 Nivel de servicio en v\xedas ininterrumpidas

Como el indicador de efectividad principal para determinar el Nivel de Servicio es la velocidad media de recorrido de la corriente vehicular mixta o velocidad media espacial, el procedimiento consiste en determinar esa velocidad. Para ello, se empieza por encontrar la velocidad de los autom\oveiles a flujo libre en condiciones casi ideales, y transformarla en el par\ametro deseado como se explica a continuaci\on:

Para empezar con el c\alculo se tiene que determinar una V_i de la tabla 2.5 en base a la pendiente y la longitud de la misma, para nuestro caso seguiremos utilizando la intersecci\on 20 que tiene como dato:

Pendiente = 1%

Longitud e la pendiente = 3.12 km

Tabla 3.27 Factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la pendiente

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente											
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
0.00	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1.00	88	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2.00	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3.00	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	75
4.00	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	69	69
5.00	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6.00	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7.00	85	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8.00	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9.00	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10.00	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37
11.00	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12.00	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Interpolando obtenemos una V_i de 85 km/hr

Calculo de la velocidad V_1 :

$$V_1 = V_i * F_u$$

Donde:

f_u = Factor de la utilización de la capacidad

El factor f_u depende de la relación del volumen y la capacidad, para nuestro caso tenemos:

Volumen = 1170 veh/hr

Capacidad = 2655 veh/hr

$$\frac{Velocidad}{Capacidad} = \frac{1170 \frac{veh}{hr}}{2655 \frac{veh}{hr}}$$

$$\frac{Velocidad}{Capacidad} = 0.44$$

Con el valor de la relación V/C entramos a la tabla 2.6, interpolamos y obtenemos el valor fu de 0.9.

Tabla 3.28 Factor de corrección al nivel de servicio por uso de la capacidad

Relación volumen/capacidad Q/C60	Factor de correlación
0.10	0.99
0.20	0.98
0.30	0.96
0.40	0.92
0.50	0.87
0.60	0.82
0.70	0.75
0.80	0.68
0.90	0.59
1.00	0.50

Fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS)

Entonces V1 será:

$$V1 = 85 \frac{km}{hr} * 0.9$$

$$V1 = 76.50 \text{ km/h}$$

Cálculo de la velocidad 2:

$$V2 = V1 * Fsr * Fcb$$

Fcb = Factor de corrección por ancho de carril y berma

Fsr = Factor de corrección por el estado de superficie de rodadura

El factor Fcb depende el ancho de carril y berma, para nuestro caso tenemos:

Ancho de carril = 3.50 m y Berma = 0 m

Tabla 3.29 Factor de corrección por ancho de carril y berma

Ancho utilizable de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3.65	3.50	3.30	3.00	2.70
1.80	1.00	0.97	0.93	0.85	0.73
1.50	0.98	0.95	0.91	0.83	0.71
1.20	0.96	0.93	0.89	0.81	0.70
1.00	0.95	0.92	0.88	0.80	0.69
0.50	0.91	0.88	0.84	0.76	0.66
0.00	0.88	0.85	0.81	0.73	0.63

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Con el uso de la tabla 2.7 interpolamos y obtenemos un Fcb de 0.85

Para el factor Fsr se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 3.30 Factor de corrección por el estado se la superficie de rodadura

Velocidad (km/hr) V1	Iri > 6 mm/m	Iri 4 a 6 mm/m	Iri 2 a 4 mm/mm
	Área afectada mayor del 30 %	Área afectada del 15 a 30 %	Área afectada menor del 15 %
	Nivel funcional 2	Nivel funcional 3	Nivel funcional 4 o 5
20.00	1.00	1.00	1.00
30.00	0.99	0.99	1.00
40.00	0.97	0.98	1.00
50.00	0.93	0.95	1.00
60.00	0.88	0.92	0.98
70.00	0.81	0.87	0.97
80.00	0.73	0.82	0.96
90.00	0.63	0.75	0.94

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Adoptamos un IRI de 4 mm/m y nuestra V1 igual a 76.5 km/hr, interpolando se obtiene un Fsr de 0.837.

Entonces V2:

$$V2 = V1 * Fsr * Fcb$$

$$V2 = 76.5 \frac{km}{hr} * 0.837 * 0.85$$

$$V2 = 54.43 \frac{km}{hr}$$

Cálculo de la velocidad 3:

$$V3 = V2 * Fvp$$

$$Fvp = Fp1 * Fp2$$

Donde:

Fvp = Factor de vehículos pesados

Fp1 = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendente

Fp2 = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados

Para el cálculo de Fp1 utilizamos la tabla 2.9 con los siguientes datos:

Pendiente = 1%

Longitud del tramo = 3.12 km

V1 = 54.43 km/hr

Tabla 3.31 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendiente ascendentes Fp1

Pendiente ascendente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad media de los automóviles en km/hr (V2)					
		>90.00	80.00	70.00	60.00	50.00	< 40.00
0.00	Todas	0.85	0.88	0.92	0.97	1.00	1.00
1.00	0.50	0.84	0.88	0.91	0.96	1.00	1.00
	1.00	0.80	0.84	0.89	0.95	1.00	1.00
	1.50	0.76	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.00	0.75	0.82	0.88	0.95	1.00	1.00
	2.50	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	3.00	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
	>3.50	0.75	0.81	0.88	0.95	1.00	1.00
2.00	0.50	x	0.00	0.91	0.95	1.00	1.00
	1.00	x	0.87	0.87	0.93	1.00	1.00
	1.50	x	0.82	0.85	0.92	0.99	1.00
	2.00	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	2.50	x	0.79	0.84	0.92	0.98	1.00
	3.00	x	0.78	0.84	0.92	0.98	1.00
	>3.50	x	0.77	0.84	0.92	0.98	1.00

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Interpolando obtenemos un Fp1 de 0.914.

Para el cálculo de Fp2 utilizamos la tabla 2.10 con los siguientes datos:

% de vehículos pesados = 6 %

Volumen = 1170 veh/hr

Tabla 3.32 Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados Fp2

Porcentaje de vehículos pesados (%)	Volúmenes en ambos sentidos (veh/hr)								
	< 50	100	200	300	400	500	600	800	>1000
0.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
10.00	1.07	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00
20.00	1.04	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.96
30.00	1.02	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95
40.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94
50.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
60.00	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
70.00	0.93	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
80.00	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
90.00	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
100.00	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Interpolando obtenemos un Fp2 de 1.040.

Entonces V3:

$$Fvp = 0.914 * 1.040$$

$$Fvp = 0.951$$

$$V3 = V2 * Fvp$$

$$V3 = 54.43 \frac{km}{hr} * 0.951$$

$$V3 = 51.7 \frac{km}{hr}$$

Para la determinación del nivel de servicio en vías ininterrumpidas utilizamos la tabla 2.11 y nuestra velocidad V3 calculada anteriormente. La zona de estudio tiene un terreno plano.

Tabla 3.33 Determinación del nivel de servicio en base a V3 y el tipo de terreno

Tipo de terreno (pendiente longitudinal)	Niveles de servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano < 3%	> 83	72 - 83	62 - 72	52 - 62	42 - 52	< 42
Ondulado >3% - <6%	> 68	59 - 68	51 - 59	43 - 51	34 - 43	< 34
Montañoso > 6% - <8%	> 52	45 - 52	39 - 45	33 - 39	26 - 33	< 26
Escarpado > 8%	> 36	31 - 36	27 - 31	23 - 27	18 - 23	< 18

Fuente: Instituto Nacional de Vías (Invias)

Para la intersección 20 tenemos un nivel de servicio E.

3.6.4.3 Resultados de la capacidad y nivel de servicio

Tabla 3.34 Resultados de Fpe y Fd de la capacidad método INVIAS en vías ininterrumpidas

Intersección	Capacidad teórica (veh/hr)	Factor de corrección a la capacidad por pendiente			Factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd)			
		Pendiente (%)	Longitud del tramo (km)	Fpe	Distribución de sentido	Porcentaje no rebase (%)	Fd	
1	Intersección 3 calle Yaguacua	3200	1.22	2.4	0.98	59/41	10	0.905
2	Intersección 4 calle Chorolque	3200	1.22	2.4	0.98	51/49	10	0.990
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	3200	1.22	2.4	0.98	58/42	10	0.916
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	3200	1.00	3.12	0.98	58/42	10	0.916
5	Intersección 10 calle San Pedro	3200	1.00	3.12	0.98	51/49	10	0.990
6	Intersección 15 Av. las Delicias	3200	1.00	3.12	0.98	55/45	10	0.948
7	Intersección 16 calle Independencia	3200	1.00	3.12	0.98	54/46	10	0.958
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	3200	1.00	3.12	0.98	53/47	10	0.969
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	3200	1.00	3.12	0.98	53/47	10	0.969
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	3200	1.00	0.69	0.99	53/47	10	0.969
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	3200	1.00	0.69	0.99	65/35	10	0.853
12	Intersección 31 calle Ballivian	3200	1.00	0.69	0.99	58/42	10	0.916

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.35 Resultados la capacidad método INVIAS en vías ininterrumpidas

Intersección		Factor de corrección por ancho carril y berma (Fcb)			Factor de corrección por vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp)				Capacidad real = Cap. teórica*Fpe*Fd* Fcb*Fvp (veh/hr)
		Ancho de carril (m)	Ancho de berma (m)	Fcb	Pendiente (%)	Longitud del tramo (km)	% de buses y camiones	Fp	
1	Intersección 3 calle Yaguacua	3.50	0	0.960	1.22	2.4	7	0.9110	2482
2	Intersección 4 calle Chorolque	3.50	0	0.960	1.22	2.4	6	0.9100	2712
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	3.50	0	0.960	1.22	2.4	7	0.9110	2512
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	3.65	0	0.970	1	3.12	0	0.9100	2536
5	Intersección 10 calle San Pedro	3.65	0	0.970	1	3.12	0	0.9100	2740
6	Intersección 15 Av. las Delicias	3.50	0	0.960	1	3.12	6	0.9100	2597
7	Intersección 16 calle Independencia	3.50	0	0.960	1	3.12	5	0.9100	2625
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	3.50	0	0.960	1	3.12	5	0.9100	2655
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	3.50	0	0.960	1	3.12	6	0.9100	2655
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	3.65	0	0.970	1	0.69	4	0.9460	2817
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	3.65	0	0.970	1	0.69	8	0.9460	2480
12	Intersección 31 calle Ballivian	3.65	0	0.970	1	0.69	6	0.9460	2663

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.36 Resultados del cálculo de la velocidad inicial y la velocidad 1

Intersección	Calculo de la velocidad ideal (Vi)			Calculo de la velocidad 1				
	Longitud del tramo (km)	pendiente (%)	Vi (km/h)	Capacidad real (veh/hr)	Volumen (veh/hr)	Relación V/C	Factor por utilización de la capacidad (fu)	V1=Vi*fu (km/hr)
1 Intersección 3 calle Yaguacua	2.4	1.22	84.10	2482	834	0.34	0.944	79.39
2 Intersección 4 calle Chorolque	2.4	1.22	84.10	2712	869	0.32	0.952	80.06
3 Intersección 5 calle Hugo Salazar	2.4	1.22	84.10	2512	1072	0.43	0.905	76.11
4 Intersección 8 calle Jacinto del fin	3.12	1.00	85.00	2536	1316	0.52	0.855	72.68
5 Intersección 10 calle San Pedro	3.12	1.00	85.00	2740	1314	0.48	0.880	74.80
6 Intersección 15 Av. las Delicias	3.12	1.00	85.00	2597	1163	0.45	0.895	76.08
7 Intersección 16 calle Independencia	3.12	1.00	85.00	2625	1119	0.43	0.905	76.93
8 Intersección 19 calle 24 de Julio	3.12	1.00	85.00	2655	1024	0.39	0.924	78.54
9 Intersección 20 calle 10 de Noviembre	3.12	1.00	85.00	2655	1170	0.44	0.900	76.50
10 Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	0.69	1.00	87.24	2817	1395	0.50	0.875	76.34
11 Intersección 30 Av. Santa Cruz	0.69	1.00	87.24	2480	882	0.36	0.936	81.66
12 Intersección 31 calle Ballivian	0.69	1.00	87.24	2663	958	0.36	0.936	81.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37 Resultados del cálculo de la velocidad 2

Intersección		Calculo de la velocidad 2						V2 = V1 * Fsr * Fcb (km/hr)
		Factor de corrección por el estado de superficie de rodadura (fsr)			Factor de corrección por ancho de carril y berma (fcb)			
		IRI	V1 (km/hr)	fsr	Ancho de carril (m)	Ancho de berma (m)	fcb	
1	Intersección 3 calle Yaguacua	4	79.39	0.823	3.50	0	0.85	55.54
2	Intersección 4 calle Chorolque	4	80.06	0.87	3.50	0	0.85	59.21
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	4	76.11	0.839	3.50	0	0.85	54.28
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	4	72.68	0.857	3.65	0	0.88	54.81
5	Intersección 10 calle San Pedro	4	74.80	0.846	3.65	0	0.88	55.69
6	Intersección 15 Av. las Delicias	4	76.08	0.896	3.50	0	0.85	57.94
7	Intersección 16 calle Independencia	4	76.93	0.835	3.50	0	0.85	54.60
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	4	78.54	0.827	3.50	0	0.85	55.21
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	4	76.50	0.837	3.50	0	0.85	54.43
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	4	76.34	0.838	3.65	0	0.88	56.29
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	4	81.66	0.862	3.65	0	0.88	61.94
12	Intersección 31 calle Ballivian	4	81.66	0.862	3.65	0	0.88	61.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.38 Resultados del cálculo de la velocidad 3

Intersección		Cálculo de la velocidad 3								
		factor de corrección por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (fp1)				Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (fp2)			Fvp= Fp1 *Fp2	V3=V2*Fvp (km/hr)
		Pendiente (%)	V2	Longitud del tramo (km)	fp1	volumen (veh/hr)	% de vp	fp2		
1	Intersección 3 calle Yaguacua	1.22	55.54	2.4	0.889	834	7	1.042	0.926	51.4
2	Intersección 4 calle Chorolque	1.22	59.21	2.4	0.885	869	6	1.048	0.927	54.9
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	1.22	54.28	2.4	0.909	1072	7	1.042	0.947	51.4
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	1.00	54.81	3.12	0.922	1316	0	1.100	1.014	55.6
5	Intersección 10 calle San Pedro	1.00	55.69	3.12	0.909	1314	0	1.100	1.000	55.7
6	Intersección 15 Av. las Delicias	1.00	57.94	3.12	0.917	1163	6	1.040	0.954	55.3
7	Intersección 16 calle Independencia	1.00	54.60	3.12	0.912	1119	5	1.050	0.958	52.3
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	1.00	55.21	3.12	0.903	1024	5	1.050	0.948	52.3
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	1.00	54.43	3.12	0.914	1170	6	1.040	0.951	51.7
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	1.00	56.29	0.69	0.918	1395	4	1.060	0.973	54.8
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	1.00	61.94	0.69	0.895	882	8	1.029	0.921	57.0
12	Intersección 31 calle Ballivian	1.00	61.94	0.69	0.895	958	6	1.043	0.933	57.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39 Nivel de servicio método INVIAS en vías ininterrumpidas

	Intersección	Tipo de terreno	Nivel de servicio (tabla 13 método INVIAS)
1	Intersección 3 calle Yaguacua	Plano	Nivel de servicio E
2	Intersección 4 calle Chorolque	Plano	Nivel de servicio D
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	Plano	Nivel de servicio E
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	Plano	Nivel de servicio D
5	Intersección 10 calle San Pedro	Plano	Nivel de servicio D
6	Intersección 15 Av. las Delicias	Plano	Nivel de servicio D
7	Intersección 16 calle Independencia	Plano	Nivel de servicio D
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	Plano	Nivel de servicio D
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	Plano	Nivel de servicio E
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	Plano	Nivel de servicio D
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	Plano	Nivel de servicio D
12	Intersección 31 calle Ballivian	Plano	Nivel de servicio D

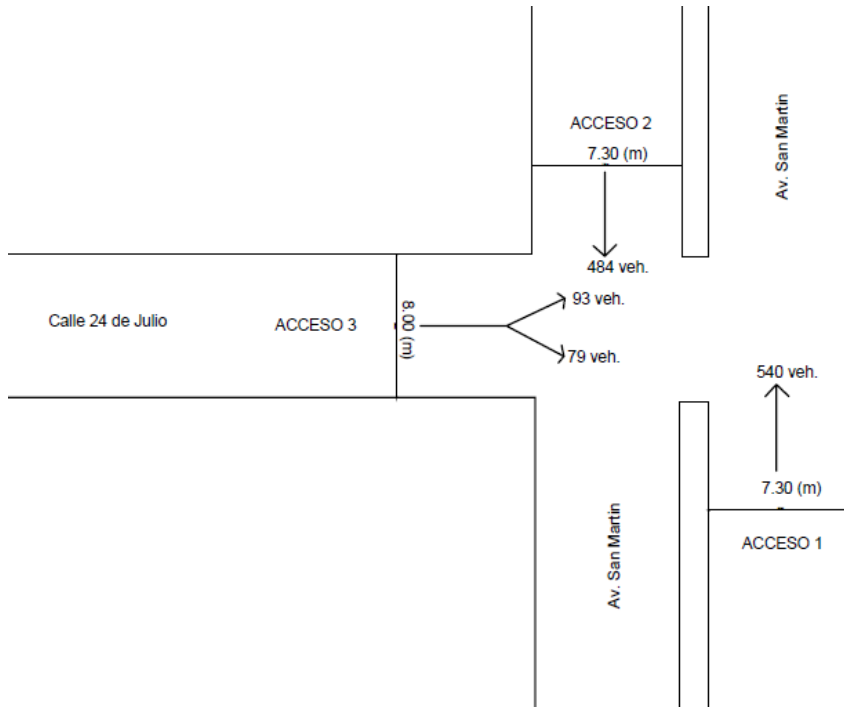
Fuente: Elaboración propia

3.7 SEMAFORIZACIÓN

3.7.1 Diseño de tiempos de verde y ciclo en intersecciones sin semáforo

Como ejemplo para el cálculo de los tiempos verde se utilizará la intersección 24 de Julio:

Figura 3.8 Intersección 24 de julio - Av. San Martín



Fuente: Elaboración propia

Se tiene 3 acceso a la intersección:

Flujo total por acceso:

Acceso 1= 540 veh /h

Acceso 2= 484 veh/h

Acceso 3= 172 veh/h

Calculo de vehículos equivalentes

En este caso solo se utilizará el factor por vehículos pesados 5% el mayor porcentaje de la intersección y un E_c de 1.5.

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + Pc(Ec - 1)}$$

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + 5(1.5 - 1)}$$

$$f_{VP} = 0.957$$

Automóviles directos por giro

1 giro a la izquierda = 1.6 ADE

1 giro a la derecha = 1.4 ADE

Movimiento directo

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right)$$

$$q_{ADE} = \frac{484}{0.95} \left(\frac{1}{0.957} \right)$$

$$q_{ADE} = 593 \text{ veh/hr}$$

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right)$$

$$q_{ADE} = \frac{540}{0.95} \left(\frac{1}{0.957} \right)$$

$$q_{ADE} = 532 \text{ veh/hr}$$

Giro izquierda

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) * E_V$$

$$q_{ADE} = \frac{93}{0.95} \left(\frac{1}{0.957} \right) * 1.6$$

$$q_{ADE} = 164 \text{ veh/hr}$$

Giro derecha

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) * E_V$$

$$q_{ADE} = \frac{79}{0.95} \left(\frac{1}{0.957} \right) * 1.4$$

$$q_{ADE} = 121 \text{ veh/hr}$$

Flujo total por acceso

Acceso 1 = 593 veh/hr Acceso 2 = 532 veh/hr Acceso 3 = 284 veh/hr

Calculo de la longitud de los intervalos de cambio (yi):

Valores supuestos para la longitud L de los vehículos, el tiempo de percepción–reacción
y la tasa de deceleración a:

$$L = 6.10 \text{ m}$$

$$t = 1.0 \text{ s}$$

$$a = 3.05 \text{ m/s}^2$$

Intervalo de cambio para los accesos Norte y Sur

$$\text{Ancho efectivo} = W = 7.30 \text{ m} + 7.30 \text{ m} = 14.60 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = 31.20 \text{ km/hr} = 8.67 \text{ m/s}$$

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

$$y = \left(1 + \frac{8.67}{2 * 3.05} \right) + \left(\frac{14.60 + 6.10}{8.67} \right)$$

$$y = 2.42 + 2.38$$

$$y = 3 + 3$$

$$y = 6 \text{ segundos}$$

$$\text{Ambar} = 3 \text{ segundos}$$

$$\text{Todo rojo (TR)} = 3 \text{ segundos}$$

Intervalo de cambio para el acceso 3

$$\text{ancho efectivo} = W = 8.00 \text{ m}$$

$$\text{velocidad} = 31.20 \text{ km/hr} = 8.67 \text{ m/s}$$

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

$$y = \left(1 + \frac{8.67}{2 * 3.05} \right) + \left(\frac{8.00 + 6.10}{8.67} \right)$$

$$y = 2.42 + 1.62$$

$$y = 3 + 2$$

$$y = 5 \text{ segundos}$$

$$\text{Ambar} = 3 \text{ segundos}$$

$$\text{Todo rojo (TR)} = 2 \text{ segundos}$$

Tiempo perdido por fase

$$l_1 = A_1 = 3 \text{ segundos}$$

$$l_2 = A_2 = 3 \text{ segundos}$$

Tiempo total perdido por ciclo

$$L = \left(\sum_{i=1}^{\varphi} l_i \right) + TR$$

$$L = (l_1 + l_2) + TR$$

$$L = (3 + 3) + 3 + 2$$

$$L = 11 \text{ segundos}$$

Máximas relaciones de flujo actual (q) a flujo de saturación (s) por carril para cada fase

$$Y_1 = \frac{q_{imax}}{s}$$

Donde q_{imax} representa el flujo critico o máximo por carril de la fase i. por lo tanto:

$$Y_1 = \frac{q_{imax}}{s}$$

El flujo de saturación sacado del Abaco para vías interrumpidas

S1 = 1500 veh/hr

$$Y_1 = \frac{593}{1500} = 0.395$$

S1 = 1000 veh/hr

$$Y_2 = \frac{285}{1000} = 0.285$$

Cálculo de la longitud de ciclo

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

$$C_o = \frac{1.5 * 11(\text{segundos}) + 5}{1 - Y_1 - Y_2}$$

$$C_o = \frac{1.5 * 11(\text{segundos}) + 5}{1 - 0.395 - 0.285}$$

$$C_o = 68 \text{ Segundos}$$

Longitud de ciclo a utilizar 465 segundos

Tiempo verde efectivo total g_T :

$$g_T = C - L$$

$$g_T = 68 - 11 = 57 \text{ segundos}$$

Reparto de los tiempos verdes efectivos (g_i):

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}}$$

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} (g_T)$$

$$g_1 = \frac{0.395}{0.395 + 0.285} (57) = 33 \text{ segundos}$$

$$g_2 = \frac{0.285}{0.395 + 0.285} (57) = 24 \text{ segundos}$$

Determinación de los tiempos verdes reales G_i :

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1$$

$$G_1 = 33 + 3 - 3 = 33 \text{ segundos}$$

$$G_2 = 24 + 3 - 3 = 24 \text{ segundos}$$

Av. San Martín Semáforo 1 (S1)

Ciclo total 68 segundos

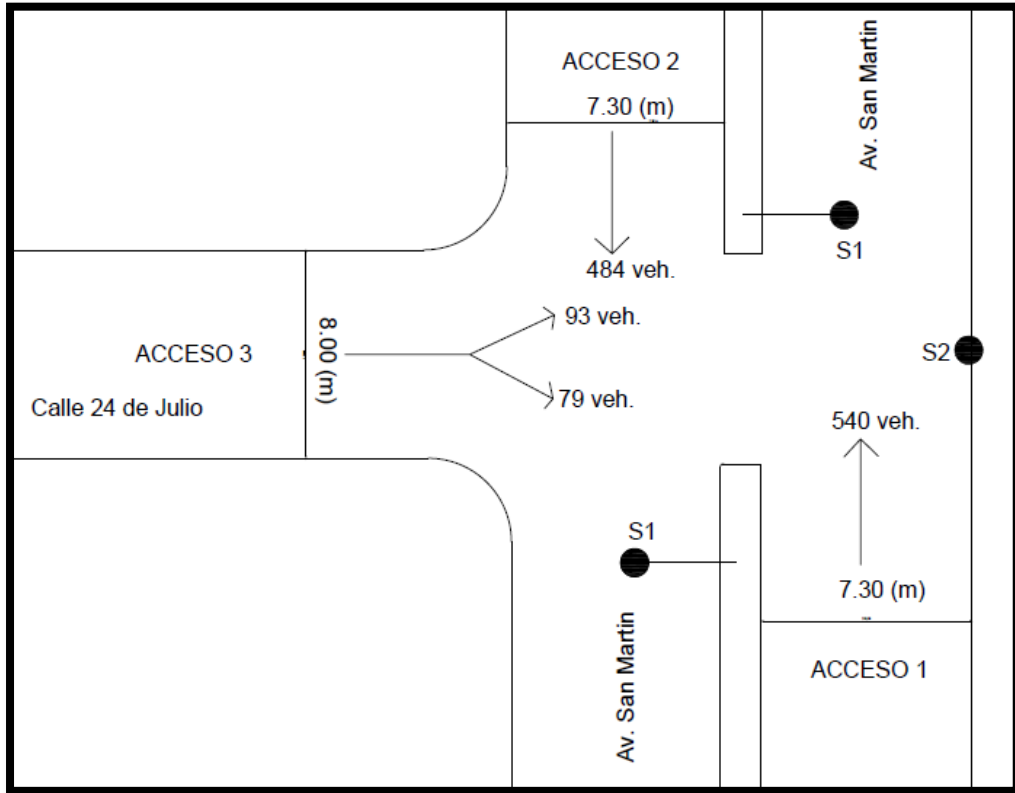


Calle 24 de Julio Semáforo 2 (S2)

Ciclo total 68 segundos



Figura 3.9 Semaforización intersección 24 de Julio



Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Resumen del cálculo de los tiempos de ciclo y tiempos verdes de todas las intersecciones

Tabla 3.40 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo I

Semáforo tipo I	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Volumen Acceso 3		Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	fvp	q ADE1	q ADE2	q ADE3
					Izquierda	derecha							
					Intersección 9	Juan XXIII							
Intersección 13	Crevaux	415	439	74	53	38.30	0.0	1.5	1.000	436	462	202	
Intersección 17	27 de Mayo	470	488	52	69	38.88	9.62	1.5	0.9541	518	538	198	
Intersección 19	24 de Julio	540	484	93	79	31.20	8.97	1.5	0.9571	593	532	285	
Intersección 30	Ballivian	404	555	130	114	41.00	10.89	1.5	0.9484	448	616	408	
Intersección 25	Ceibos	342	314	15	48	37.66	18.32	1.5	0.9161	392	360	104	
Intersección 27	Urundeles	291	312	38	30	35.65	20.24	1.5	0.9081	337	361	119	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.41 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo I

Semáforo tipo I	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	I1=A1 (s)	I2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
Intersección 13	14.00	8.20	3	2	2	3	3	10	2000	1050	0.231	0.192	35	25	14	11	
Intersección 17	14.60	8.00	3	2	2	3	3	10	2050	1000	0.262	0.198	38	28	16	12	
Intersección 19	14.60	8.00	3	3	2	3	3	11	1500	1000	0.395	0.285	68	57	33	24	
Intersección 30	16.00	8.00	3	2	2	3	3	10	2200	1500	0.28	0.272	45	35	18	17	
Intersección 25	14.00	8.00	3	2	2	3	3	10	2000	1000	0.196	0.104	29	19	12	7	

	Intersección 27	14.00	7.00	3	3	2	3	3	11	2000	1400	0.181	0.085	30	19	13	6
--	-----------------	-------	------	---	---	---	---	---	----	------	------	-------	-------	----	----	----	---

Tabla 3.42 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo II

Semáforo tipo II	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Volumen Acceso 3		Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	fvp	q ADE1	q ADE2
					Izquierda	derecha						
	Intersección 7	Hugo Salazar	144	-	505	-	31.04	0.00	1.5	1.000	151	531
	Intersección 6	Jacinto del fin I	-	164	488	-	30.41	1.12	1.5	0.994	173	516
	Intersección 11	Gral. Campero	-	427	-	300	39.71	0.00	1.5	1.000	449	442
	Intersección 21	21 de Enero	-	387	-	92	32.85	10.9	1.5	0.948	429	142
	Intersección 23	Chañares	-	381	-	90	34.62	18.2	1.5	0.916	437	144

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.43 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo II

Semáforo tipo II	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	I1=A1 (s)	I2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
	Intersección 6	8.00	8.00	3	2	2	3	3	10	1000	1000	0.173	0.516	65	55	14	41
	Intersección 11	7.30	8.00	3	2	2	3	3	10	1500	1000	0.299	0.442	78	68	27	41
	Intersección 21	7.30	8.00	3	2	2	3	3	10	1500	1000	0.286	0.142	35	25	17	8
	Intersección 23	7.30	7.50	3	2	2	3	3	10	1000	1000	0.437	0.144	48	38	29	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.44 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo III

	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Volumen Acceso 3		Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	fvp	q ADE1	q ADE2
					Izquierda	derecha						
Semáforo tipo III	Intersección 8	Jacinto del Fin	596	475	166	81	30.68	1.00	1.5	0.995	806	588
	Intersección 10	San Pedro	539	528	135	112	31.20	0.00	1.5	1.000	709	673
	Intersección 12	Sucre	452	349	190	121	44.12	0.00	1.5	1.000	675	494
	Intersección 14	Cochabamba	470	424	131	94	46.27	1.20	1.5	0.994	636	548
	Intersección 16	Independencia	508	474	89	46	38.30	7.84	1.5	0.962	653	568
	Intersección 18	Tassakis	468	428	98	76	41.96	8.27	1.5	0.960	620	552
	Intersección 20	10 de Noviembre	429	428	189	131	29.51	8.83	1.5	0.957	679	614
	Intersección 26	Robles	300	330	60	23	38.30	15.22	1.5	0.929	407	399
	Intersección 22	Méndez	313	404	92	24	33.97	13.05	1.5	0.938	454	479

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo III

Semáforo tipo III	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	l1=A1 (s)	l2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
	Intersección 8	11.00	11.00	3	3	3	3	3	12	2200	2200	0.366	0.267	63	51	29	22
	Intersección 10	7.30	7.30	3	2	2	3	3	10	2050	2050	0.346	0.328	62	52	27	25
	Intersección 12	7.00	7.00	4	2	2	4	4	12	2000	2000	0.338	0.247	56	44	25	19
	Intersección 14	7.00	7.00	4	2	2	4	4	12	2000	2000	0.318	0.274	57	45	24	21
	Intersección 16	7.00	7.00	3	2	2	3	3	10	2000	2000	0.327	0.284	52	42	22	20
	Intersección 18	7.00	7.00	3	2	2	3	3	10	2000	2000	0.31	0.276	49	39	21	18
	Intersección 20	7.00	7.00	3	2	2	3	3	10	2000	2000	0.34	0.307	57	47	25	22
	Intersección 26	7.00	7.00	3	2	2	3	3	10	2000	2000	0.204	0.200	34	24	12	12
Intersección 22	7	7	3	2	2	3	3	10	2000	2000	0.227	0.240	38	28	14	14	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.46 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo IV

Semáforo tipo IV	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Volumen Acceso GD3	Volumen Acceso 3			Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	fvp	q ADE1	q ADE2
						G1	G2	GI 3						
	Intersección 5	Hugo Salazar I	469	224	30	56	495	47	29.18	11.44	1.5	0.946	529	1020
	Intersección 15	Av. Delicias	555	433	149	84	92	57	36.15	17.50	1.5	0.920	759	395
	Intersección 3	Yaguacua	469	317	29	27	22	71	37.19	13.79	1.5	0.936	569	82
	Intersección 4	Chorolque	394	393	53	36	48	50	40.36	11.49	1.5	0.946	511	167
	Intersección 24	Cornelio Ríos	302	354	86	54	30	27	38.14	13.52	1.5	0.937	444	188

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.47 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo IV

Semáforo tipo IV	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	I1=A1 (s)	I2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
	Intersección 15	7.00	7.00	2	1	1	2	2	6	2000	1300	0.38	0.304	45	39	22	17
	Intersección 3	7.50	7.50	2	1	1	2	2	6	2000	1400	0.285	0.059	22	16	13	3
	Intersección 4	7.50	7.50	2	1	1	2	2	6	2000	1400	0.256	0.119	23	17	12	5
	Intersección 24	7.00	7.50	2	1	1	2	2	6	2000	1400	0.222	0.134	22	16	10	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.48 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo V

Semáforo tipo V	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Volumen Acceso 3	Volumen Acceso 4	Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	fvp	q ADE1	q ADE2
	Intersección 31	Bernardino Bilbao	745	650	267	-	33.34	7.31	1.5	0.9647	812	291
	Intersección 29	Av. Santa Cruz	305	578	331	134	44.67	18.70	1.5	0.9145	665	380
	Intersección 28	Arrayanes	339	347	66	-	21.77	14.51	1.5	0.9324	391	74

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.49 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo V

Semáforo tipo V	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	l1=A1 (s)	l2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
	Intersección 31	16.00	8.00	3	3	2	3	3	11	2200	1500	0.369	0.194	50	39	26	13
	Intersección 29	16.00	16.00	4	2	2	4	4	12	2200	2200	0.302	0.173	44	32	20	12
	Intersección 28	14.00	7.50	2	4	3	2	2	11	2000	1400	0.196	0.053	29	18	14	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.50 Flujos totales por acceso en las intersecciones tipo VI

Semáforo tipo VI	Intersección	Calle	Volumen Acceso 1	Volumen Acceso 2	Velocidad km/hr	% veh. pesados	Ec	Fvp	q ADE1	q ADE2
	Intersección 1	Tarija	395	459	34.89	12.4	1.5	0.942	441	513
	Intersección 2	Uyuni	358	458	31.68	12.04	1.5	0.943	399	511

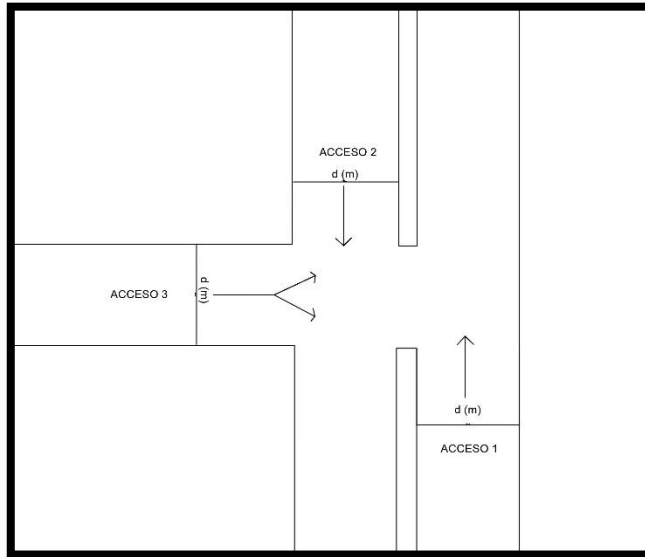
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.51 Tiempos de ciclo en las intersecciones Tipo VI

Semáforo tipo VI	Intersección	W1 (m)	W2 (m)	Ambar 1 y 2 (s)	TR 1 (s)	TR 2 (s)	I1=A1 (s)	I2=A2 (s)	L (s)	S1 Veh/hr	S2 Veh/hr	Y1	Y2	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
	Intersección 1	8	7	3	2	2	3	3	10	2000	2050	0.220	0.25	38	28	13	15
	Intersección 2	7.5	7.5	3	2	2	3	3	10	2200	2200	0.181	0.232	35	25	11	14

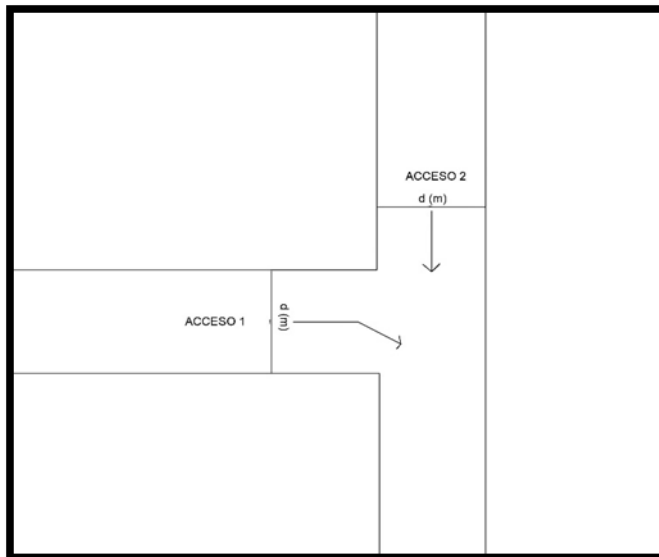
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Intersecciones tipo I



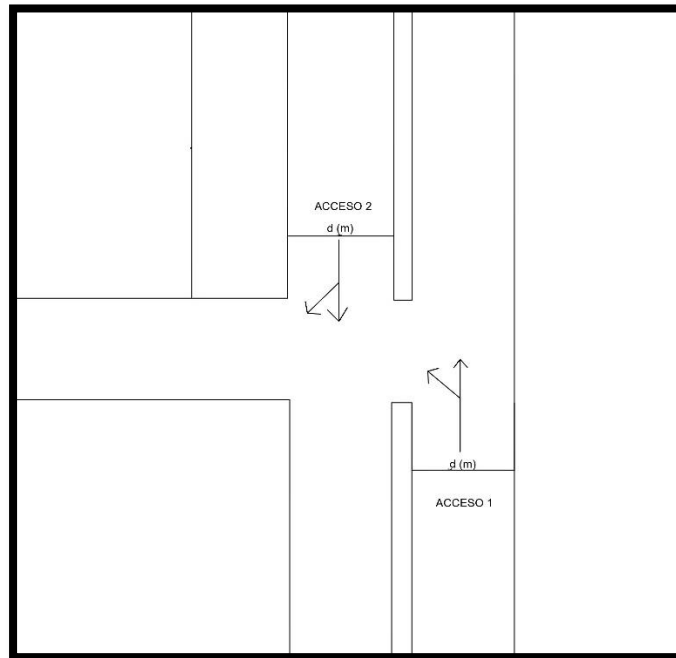
Elaboración propia

Figura 3.11 Intersección tipo II



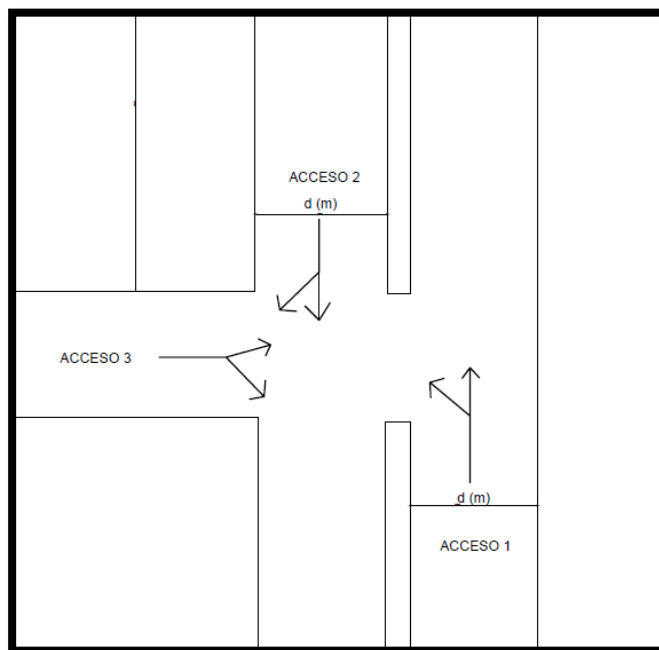
Elaboración propia

Figura 3.12 Intersección tipo III



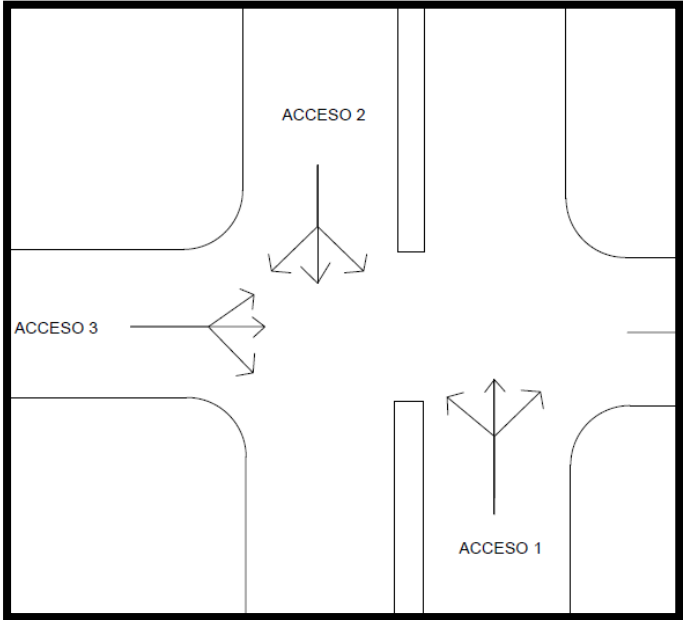
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Intersección Tipo IV



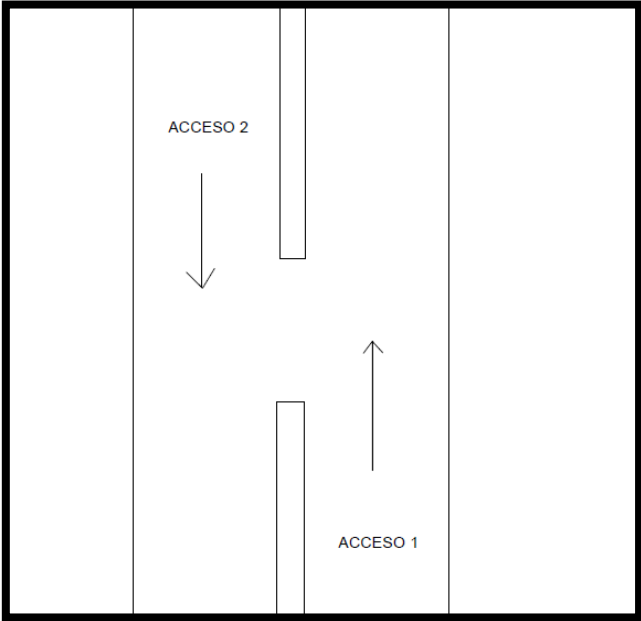
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 Intersección tipo V



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 Intersección Tipo VI

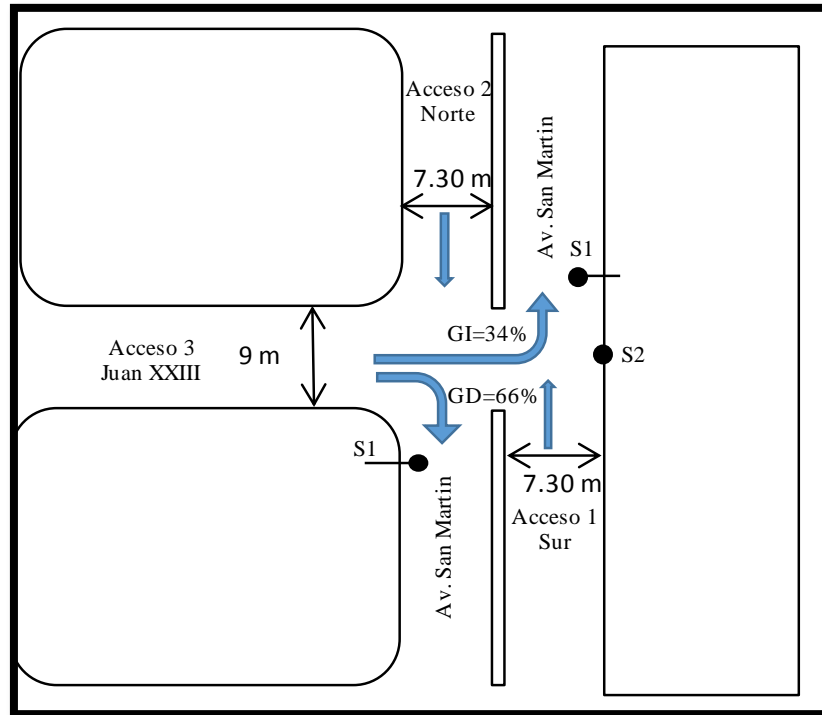


Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Diseño de tiempos semafóricos teóricos en intersecciones con semáforos

A continuación, se procederá a desarrollar el cálculo de una intersección con semáforo, como ejemplo utilizaremos la intersección número 5.

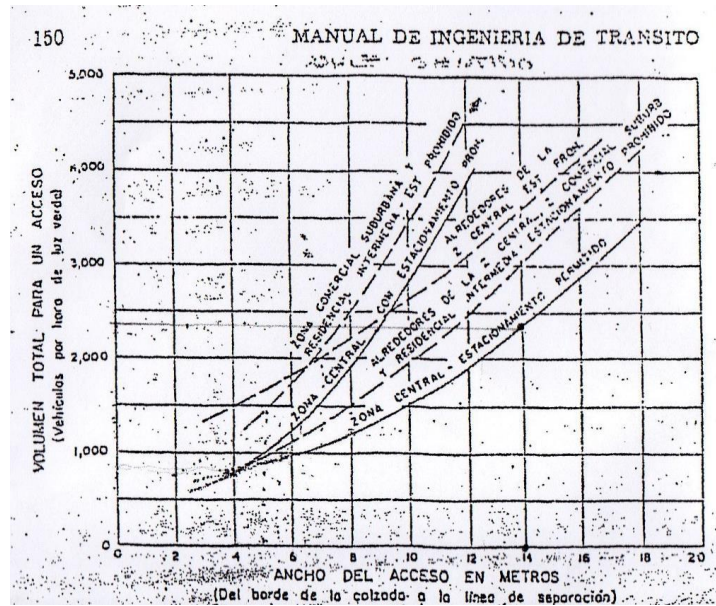
Figura 3.16 Puntos de los semáforos en la intersección de la calle Juan XXIII



Fuente: Elaboración propia

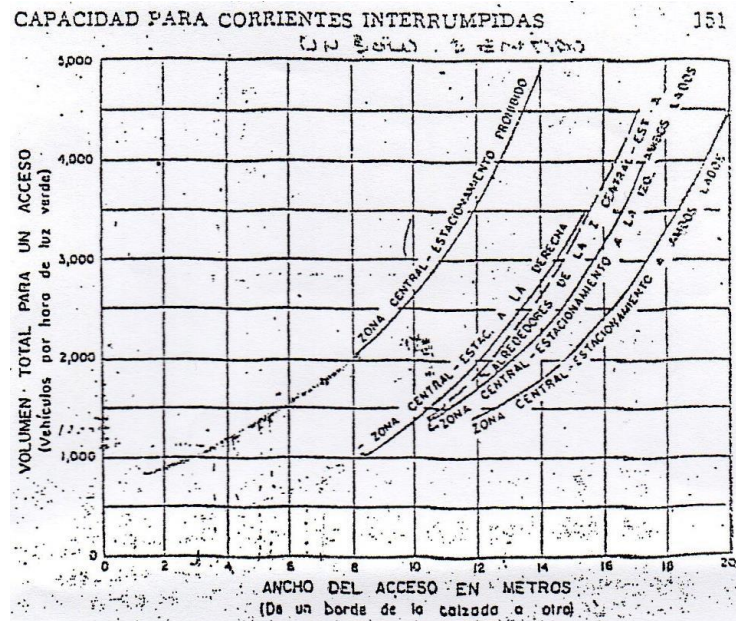
Es necesario hacer el cálculo del flujo de saturación, para lo cual necesitamos hacer uso de la tabla de capacidades, donde también se utilizarán el ancho de la calzada y las características de nuestro punto de estudio.

Figura 3.17 Flujo de saturación en vías interrumpidas de dos accesos



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito

Figura 3.18 Flujo de saturación en vías interrumpidas de un acceso



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito

➤ **Determinamos el flujo de saturación**

Ancho del acceso de la avenida San Martín esquina Juan XXIII = 7.30 m

Número de acceso = 2

Zona central estacionamiento prohibido

Según la tabla tenemos un flujo de saturación = 1500 veh/hr

➤ **Cálculo de la tasa media de la intersección**

Será igual al volumen máximo horario de la intersección

$$Tasa\ media = 440\ veh/hr$$

➤ **Tiempos registrados de los semáforos**

$$Tiempo\ verde = 25\ segundos$$

$$Tiempo\ ambar = 3\ segundos$$

$$Ciclo\ de\ longitud = 50\ segundos$$

➤ **Conversión de flujo de saturación y tasa media de llegada de veh/hr a veh/s**

$$s = N^{\circ}\ de\ veh\acute{u}culos * \left(\frac{1h}{3600\ s} \right)$$

$$s = 1500 * \left(\frac{1h}{3600\ s} \right)$$

$$s = 0.417\ veh/s$$

$$\lambda = 440 * \left(\frac{1h}{3600\ s} \right)$$

$$\lambda = 0.122 \text{ veh/s}$$

➤ **Cálculo de la intensidad de tránsito**

$$\rho = \frac{\lambda}{s}$$

$$\rho = \frac{0.122}{0.417} = 0.293$$

➤ **Cálculo de rojo efectivo**

$$r = 50 - 3 - 25 = 22 \text{ segundos}$$

➤ **Tiempo para que se Disipe la Cola del Verde Efectivo**

Para realizar el cálculo del Tiempo para que se Disipe la Cola del Verde Efectivo es necesario la utilización del tiempo rojo efectivo y de la intensidad de tránsito previamente calculados.

$$t_o = \frac{\rho * r}{1 - \rho}$$

$$t_o = \frac{0.293 * 22}{1 - 0.293} = 9.117 \text{ s}$$

➤ **Proporción del ciclo con cola**

Conociendo el tiempo para que se disipe la cola del verde efectivo, se le suma el rojo efectivo para conocer el tiempo en cola, y así, junto a longitud del ciclo, se realiza una relación de ambos para poder conocer la Proporción del Ciclo con Cola.

$$P_q = \frac{\text{tiempo en la cola}}{\text{longitud de ciclo}}$$

$$P_q = \frac{r + t_o}{c}$$

$$P_q = \frac{22 + 9.117}{50}$$

$$P_q = 0.622$$

➤ **Proporción de vehículos detenidos**

$$P_s = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos detenidos por ciclo}}$$

$$P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$$

$$P_s = \frac{9.117}{0.293 * 50}$$

$$P_s = 0.622$$

➤ **Longitud máxima de cola**

Es de necesidad tener conocimiento de la longitud de cola existente en la intersección, por lo que se debe de calcular la Longitud Máxima de la Cola con la relación demanda – servicio, pero como esta relación ocurre al final del rojo, se puede decir que el servicio en ese instante es cero, entonces:

$$Q_m = \lambda * r$$

$$Q_m = 0.122 * 22$$

$$Q_m = 2.684 \text{ veh}$$

➤ **Longitud promedio de la cola**

$$Q_q = \frac{Q_m}{2}$$

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} = \frac{0.122 * 22}{2}$$

$$Q_q = 1.342 \text{ veh}$$

➤ **Longitud promedio de la cola por ciclo**

$$\tilde{Q} = \tilde{P}_q * \tilde{Q}_q$$

$$\tilde{Q} = 0.622 * 1.342 = 0.835 \approx 1 \text{ veh}$$

➤ **Demora total para todo el tránsito por ciclo**

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2(1 - \rho)}$$

$$D = \frac{0.122 * 22^2}{2(1 - 0.293)}$$

$$D = 41.75 \text{ s} \approx 42 \text{ s}$$

➤ **Demora promedio del tránsito por ciclo**

$$d = \frac{D}{\lambda * C}$$

$$d = \frac{42}{0.122 * 50}$$

$$d = 6.88 \approx 7 \text{ s/veh}$$

3.7.3.1 Datos utilizados para determinar el estado del congestionamiento en intersecciones con semáforos

Tabla 3.52 Datos a utilizar para el cálculo de las intersecciones con semáforo

Nº	Nombre	capacidad en vías interrumpidas	Ancho de la calle	Flujo de saturación veh/hr	Tasa media (veh/hr)	Tiempo verde (s)	Tiempo de ciclo (s)
Intersección 1	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	Un acceso	8.00	1000	498	25	50
Intersección 1a	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	Un acceso	8.00	1000	146	17	50
Intersección 5	Av. San Martín esq. Juan XXIII	Dos accesos	7.30	1500	440	25	50
Intersección 5a	Av. San Martín esq. Juan XXIII	Un acceso	9.00	2200	411	17	50
Intersección 6	Av. San Martín esq. San Pedro	Dos accesos	7.30	2050	697	25	50
Intersección 6a	Av. San Martín esq. San Pedro	Dos accesos	7.30	2050	742	17	50
Intersección 7	Av. San Martín esq. Gral. Campero	Un acceso	8.00	1000	300	21	50
Intersección 7a	Av. San Martín esq. Gral. Campero	Dos accesos	7.30	1500	428	21	50
Intersección 8a	Av. San Martín esq. Sucre	Dos accesos	7.00	2000	643	20	46
Intersección 8	Av. San Martín esq. Sucre	Dos accesos	7.00	2000	464	20	46

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.2 Tabla de resultado del análisis de congestionamiento

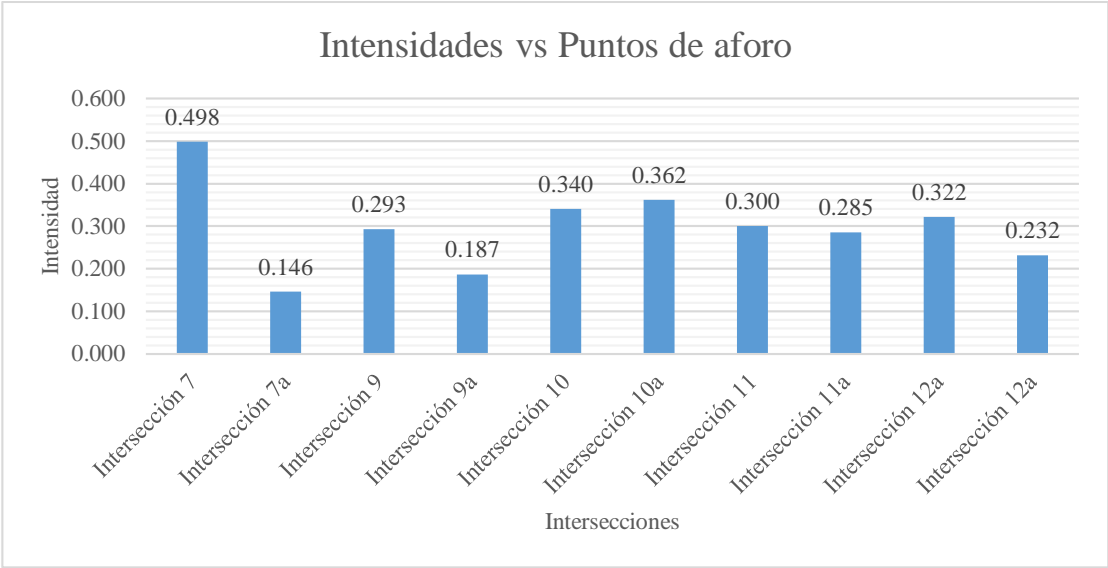
Tabla 3.53 Resultados del análisis del congestionamiento

Nombre	Flujo de saturación	Tasa media de llegada	Intensidad	Rojo efectivo (s)	Tiempo de disipación de la cola (s)	Proporción del ciclo en cola	Proporción de vehículos detenidos	Longitud máxima de cola (veh)	Longitud promedio de la cola (veh)	Longitud promedio de la cola por ciclo (veh)	Demora total por ciclo s-veh	Demora promedio del tránsito s/veh	Observación
	s	λ	ρ	r	to	Pq	Ps	Qm	Qq	Q	D	d	
Av. San Martín esq. Hugo Salazar 1	0.278	0.138	0.498	22.0	21.825	0.876	0.876	3.043	1.522	1	67	10	congestionado
Av. San Martín esq. Hugo Salazar 1a	0.278	0.041	0.146	30.0	5.129	0.703	0.703	1.217	0.608	0	21	10	congestionado
Av. San Martín esq. Juan XXIII 5	0.417	0.122	0.293	22.0	9.132	0.623	0.623	2.689	1.344	1	42	7	congestionado
Av. San Martín esq. Juan XXIII 5a	0.611	0.114	0.187	30.0	6.892	0.738	0.738	3.425	1.713	1	63	11	congestionado
Av. San Martín esq. San Pedro 6	0.569	0.194	0.340	22.0	11.333	0.667	0.667	4.259	2.130	1	71	7	congestionado
Av. San Martín esq. San Pedro 6a	0.569	0.206	0.362	30.0	17.018	0.940	0.940	6.183	3.092	3	145	14	congestionado
Av. San Martín esq. Gral. Campero 7	0.278	0.083	0.300	26.0	11.143	0.743	0.743	2.167	1.083	1	40	10	congestionado
Av. San Martín esq. Gral. Campero 7a	0.417	0.119	0.285	26.0	10.381	0.728	0.728	3.091	1.546	1	56	9	congestionado
Av. San Martín esq. Sucre 8a	0.556	0.179	0.322	23.0	10.898	0.737	0.737	4.108	2.054	2	70	9	congestionado
Av. San Martín esq. Sucre 8	0.556	0.129	0.232	23.0	6.948	0.651	0.651	2.964	1.482	1	44	7	congestionado

Fuente: Elaboración propia

3.7.3.3 Intensidades reales

Gráfica 3.3 Intensidades reales



Fuente: Elaboración propia

3.8 ESTACIONAMIENTO

Para el estudio del estacionamiento se procedió a identificar las zonas más críticas y más concurridas de las avenidas en estudio

3.8.1 Identificación de zonas más concurridas para el estacionamiento

Figura 3.19 Zona 1 Feria Magariños



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.54 Ubicación de tramos Zona 1

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO			
Ciudad: Yacuiba			
Av. San Martín - Av. Bolivia			
Zona	Cuadra	Calle	Entre
Zona 1	E-1	Av. San Martín	Jacinto del fin y Hugo Salazar
	E-2	Av. San Martín	Juan XXIII y Jacinto del fin
	E-3	Av. San Martín	Juan XXIII y Jacinto del fin
	E-4	Cornelio Ríos	Juan XXIII y Jacinto del fin
	E-5	Juan XXIII	Cornelio Ríos y Av. San Martín
	E-6	Av. San Martín	Juan XXIII y San Pedro
	E-7	San Pedro	Av. San Martín y M. Barroso
	E-8	Av. San Martín	Campero y San Pedro

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 Zona 2 Colegios y Caja Nacional de Salud



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.55 Ubicación de tramos, Zona 2

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO			
Ciudad: Yacuiba			
Av. San Martín - Av Bolivia			
Zona	Cuadra	Calle	Entre
Zona 2	E-9	Av. San Martín	San Pedro y Campero
	E-10	Campero	Av. San Martín y M. Barroso
	E-11	Av. San Martín	Campero y Sucre
	E-12	Sucre	Av. San Martín y M. Barroso
	E-13	Av. San Martín	Sucre y Crevaux
	E-14	Av. San Martín	Sucre y Crevaux
	E-15	Crevaux	Av. San Martín y M. Barroso

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21 Zona 3 terminal de buses de Yacuiba



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.56 Ubicación de tramos, Zona 3

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO			
Ciudad: Yacuiba Av. San Martín - Av. Bolivia			
Zona	Cuadra	Calle	Entre
Zona 3	E-16	Av. San Martín	Tassakis y 24 de Julio
	E-17	Av. San Martín	Tassakis y 24 de Julio
	E-18	24 de Julio	Cornelio R. y Av. San Martín
	E-19	Av. San Martín	24 de Julio y 10 de Noviembre
	E-20	Av. San Martín	24 de Julio y 10 de Noviembre
	E-21	Av. San Martín	10 de Noviembre y 21 de Enero
	E-22	Av. San Martín	10 de Noviembre y Méndez
	E-23	Av. San Martín	21 de Enero y Méndez
	E-24	Cornelio Ríos	24 de Julio y 10 de Noviembre
	E-25	10 de Noviembre	Cornelio Ríos y Martín Barroso
	E-26	10 de Noviembre	Cornelio R. y Av. San Martín
	E-27	21 de Enero	Cornelio R. y Av. San Martín
	E-28	Cornelio Ríos	10 de Noviembre y 21 de Enero

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22 Zona 4 estacionamiento de transporte pesado



Fuente: Elaboración Propia

3.8.2 Aforo de estacionamientos

Una vez reconocidas las zonas y cuadras para el estudio del estacionamiento se procedieron a realizar el aforo de cada cuadra, para lo cual se elaboró una planilla donde se registraron la identificación de la cuadra, la ubicación y la hora de aforo. el intervalo de tiempo recomendado para este tipo de aforo es de 15 a 20 minutos, luego se procede a registrar el número de cada placa y no así la parte de las letras para poder realizar un levantamiento de datos más rápido.

Tabla 3.57 Aforo de estacionamiento en la cuadra E-19

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO POR EL NÚMERO DE PLACA			
Ciudad: Yacuiba		Fecha: 24/03/2022	
Calle: Av. San Martín		Entre: 24 de Julio y 10 de Noviembre	
Lado de la calle o avenida: E-19		Uso: Comercial	
Hora del recorrido			
10:20	10:35	10:50	11:05
2588	X	2744	2132
1905	/	/	/
2215	/	/	/
1907	734	654	1862
2103	1044	/	3868
1220	2192	1655	/
4704	1811	1077	846
1616	/	/	/
728	/	2110	2385
2212	2145	1829	/
1710	2821	/	1749
2262	911	999	/
700	X	2164	1506
			2915
13	11	13	14
Total vehículos promedio/ Hr			13

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se puede observar el aforo realizado para la cuadra E-19 la cual se realizó durante una hora con intervalos de 15 minutos, por ejemplo, a las 10:20 am se registró el vehículo con placa inicial de 2588 e mismo después de 15 minutos ya no se encontraba en el lugar por lo que en el registro se puso una “X”, otro ejemplo es el vehículo con placa inicial 1905 el cual permaneció estacionado toda la hora de aforo. Algunos vehículos que se retiraban fueron reemplazados por otro vehículo que se encontraba en la cuadra como por ejemplo el 1907 por el 734.

3.8.3 Ejemplo de cálculo del índice de ocupación y duración media del estacionamiento

Para el inicio del cálculo del índice de ocupación y duración media de las paradas establecida se inició con el aforo de placas durante una hora y con intervalos de 15 minutos. Para lo cual se utilizó una planilla que se muestra a continuación.

Tabla 3.58 Planilla de aforo de placas para el estacionamiento

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO POR EL NÚMERO DE PLACA	
Ciudad: Yacuiba	Fecha: 24/03/2022
Calle: Cornelio Ríos	Entre: Juan XXIII y Jacinto del fin
Lado de la calle o avenida: E-4	Uso: Comercial
Hora	Número de placa
7:59	5327 - 4703 - 1774 - 728 - 2473 - 3095 - 4077 - 4995
8:14	5327 - 728 - 2473 - 3095 - 4077 - 4995
8:29	5327 - 728 - 2473 - 4077 - 2241
8:44	5327 - 3864 - 1275 - 728 - 2473 - 1892 - 2532 - 2241 - 3446

Fuente: Elaboración Propia

Ordenamiento de datos obtenidos en el aforo de placas.

Tabla 3.59 Ordenamiento de datos, según el tiempo de duración

ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTO POR EL NÚMERO DE PLACA			
Ciudad: Yacuiba		Fecha: 24/03/2022	
Calle: Cornelio Ríos		Entre: Juan XXIII y Jacinto del fin	
Lado de la calle o avenida: E-4		Uso: Comercial	
Hora del recorrido			
7:59	8:14	8:29	8:44
5327	/	/	/
4703	X	X	3864
1774	X	X	1275
728	/	/	/
2473	/	/	/
3095	/	X	1892
4077	/	/	2532
4995	/	2241	/
			3446
8	6	5	9
Total vehículos promedio/ Hr			7

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 3.28 podemos obtener la demanda de 7 vehículos promedio durante una hora.

Datos del ejemplo:

Longitud de la cuadra: 125 mts

Ancho de la casilla: 6 mts

*Longitud útil = longitud de la cuadra – ((2 * ancho de la casilla) * 2 esquinas)*

$$Longitud\ útil = 125\ m - (4 * 6\ m)$$

$$Longitud\ útil = 101\ m$$

$$\text{Oferta de casillas} = \frac{\text{longitud util}}{\text{ancho de casilla}}$$

$$\text{Oferta de casillas} = \frac{101 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

$$\text{Oferta de casillas} = 17 \text{ casillas}$$

Entonces tenemos que:

$$\text{Oferta} > \text{Demanda}$$

$$17 \text{ casillas} > 7 \text{ casillas}$$

$$\text{Índice de ocupación} = \frac{\text{Demanda}}{\text{oferta de casillas}}$$

$$\text{Índice de ocupación} = \frac{7}{17}$$

$$\text{Índice de ocupación} = 0.42$$

$$\text{Duración media del estacionamiento} = \frac{1}{\text{Índice de ocupación}}$$

$$\text{Duración media del estacionamiento} = \frac{1}{0.42}$$

$$\text{Duración media del estacionamiento} = 0.10 \text{ hr}$$

3.8.4 Resumen del cálculo de la demanda y oferta de los diferentes tramos

Una vez realizado el cálculo de las diferentes cuadras identificadas con mayor demanda de estacionamiento se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3.60 Resumen del cálculo de la oferta y demanda de los diferentes tramos

Estudio de Estacionamiento						
Ciudad: Yacuiba						
Av. San Martín - Av. Bolivia						
Cuadra	Demanda	Número de casillas				Oferta > Demanda
		Longitud de la cuadra (m)	Longitud Útil (m)	Ancho	Oferta	
E-1	3	87	63	6	11	CUMPLE
E-2	2	125	101	6	17	CUMPLE
E-3	2	90	66	6	11	CUMPLE
E-4	7	125	101	6	17	CUMPLE
E-5	3	33	9	6	2	NO CUMPLE
E-6	6	133	109	6	18	CUMPLE
E-7	13	183	159	6	27	CUMPLE
E-8	12	80	56	6	9	NO CUMPLE
E-9	11	150	126	6	21	CUMPLE
E-10	12	184	160	6	27	CUMPLE
E-11	4	135	111	6	19	CUMPLE
E-12	20	185	161	6	27	CUMPLE
E-13	7	134	110	6	18	CUMPLE
E-14	5	132	108	6	18	CUMPLE
E-15	16	184	160	6	27	CUMPLE
E-16	5	104	80	6	13	CUMPLE
E-17	6	104	80	6	13	CUMPLE
E-18	4	74	50	6	8	CUMPLE
E-19	13	105	81	6	14	CUMPLE
E-20	11	105	81	6	14	CUMPLE
E-21	8	105	81	6	14	CUMPLE
E-22	13	105	81	6	14	CUMPLE
E-23	5	105	81	6	14	CUMPLE
E-24	12	105	81	6	14	CUMPLE
E-25	4	66	42	6	7	CUMPLE
E-26	8	62	38	6	6	NO CUMPLE
E-27	4	55	31	6	5	CUMPLE
E-28	6	105	81	6	14	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el anterior cuadro en la mayoría de los tramos la oferta es mayor a la demanda, sin embargo, existen 3 tramos donde la oferta no cubre la demanda, los mismos tienen en común que su longitud útil es pequeña a comparación de las demás por ende la oferta tiende a ser menor y no cubrir la demanda ocasionando que los tres tramos estén casi siempre ocupados.

Tabla 3.61 Resumen del cálculo del índice de rotación y duración media de los diferentes tramos

Estudio de estacionamiento					
Tramo	Índice de rotación (Ir)	Duración media (hr)	Tramo	Índice de rotación (Ir)	Duración media (hr)
E-1	0.29	0.15	E-15	0.60	0.07
E-2	0.12	0.35	E-16	0.38	0.11
E-3	0.18	0.23	E-17	0.45	0.09
E-4	0.42	0.10	E-18	0.48	0.09
E-5	2.00	0.02	E-19	0.96	0.04
E-6	0.33	0.13	E-20	0.81	0.05
E-7	0.49	0.08	E-21	0.59	0.07
E-8	1.29	0.03	E-22	0.96	0.04
E-9	0.52	0.08	E-23	0.37	0.11
E-10	0.45	0.09	E-24	0.89	0.05
E-11	0.22	0.19	E-25	0.57	0.07
E-12	0.75	0.06	E-26	1.26	0.03
E-13	0.38	0.11	E-27	0.77	0.05
E-14	0.28	0.15	E-28	0.44	0.09

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

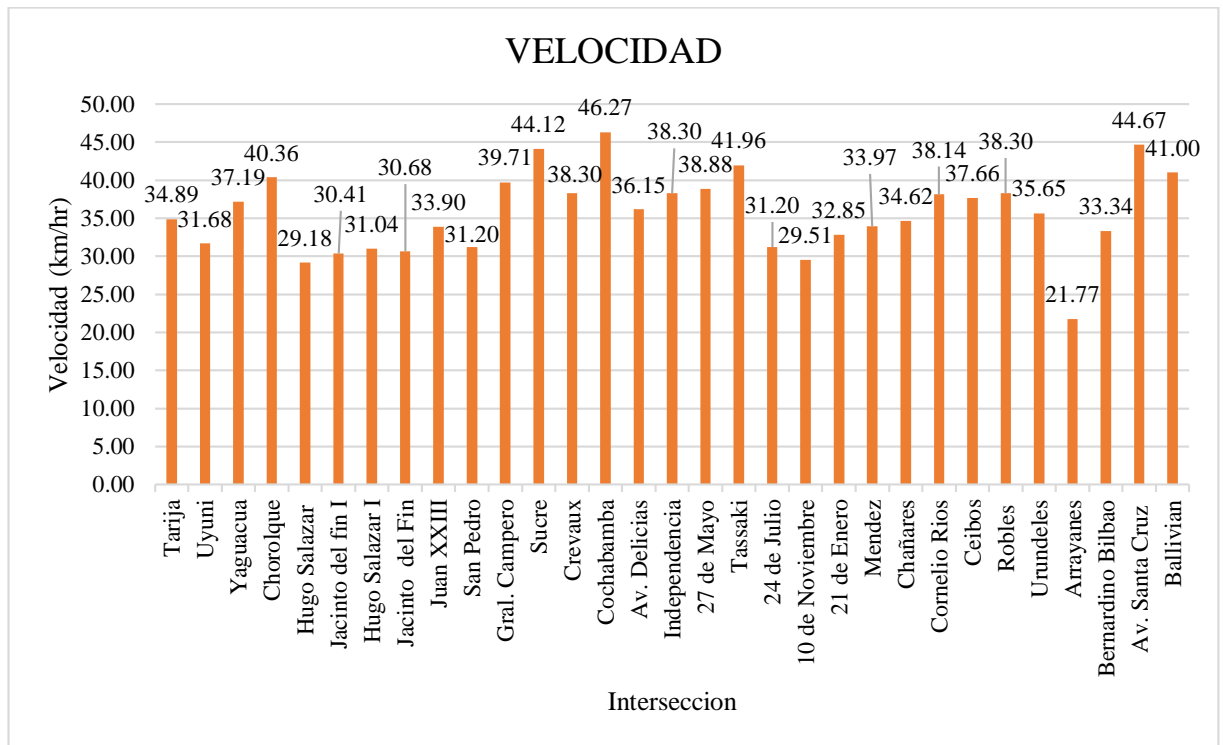
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE VELOCIDAD DE PUNTO

Uno de los datos más importantes dentro de un análisis y evaluación de tráfico es la velocidad, para ello en campo se realizó la medición de los tiempos con la ayuda del cronometro. Una vez realizada la toma de tiempos se procedió a trabajar en gabinete donde se hizo un análisis estadístico, depurando así los datos que estaban más dispersos para luego sacar una media de la velocidad de las 3 horas picos y obtener lo que se aprecia en el siguiente gráfico 4-1:

Gráfica 4.1 Resultado del estudio de velocidad



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de la velocidad que presenta cada intersección se utilizara la tabla del autor Cal y Mayor James Cárdenas:

Tabla 4.1 Velocidad máxima (km/) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad

Población (número de habitantes)	Zona comercial		Zona residencial		Zona abierta	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
10 000 a 25 000	24-56	24-56	32-56	32-56	40-96	40-96
25 000 a 50 000	24-40	24-32	32-56	32-48	56-72	56-72
50 000 a 100 000	24-40	24-40	32-48	32-48	48-64	48-64
100 000 o más	24-48	24-48	32-48	32-48	56-96	48-88

Fuente: Ingeniería de transito Cal y Mayor James Cárdenas

La población de la ciudad de Yacuiba es de 103.703 habitantes y la zona de estudio es una zona comercial, residencial y abierta, tomando en cuenta esos datos se determinó que:

Tabla 4.2 Resultado del análisis según la zona y la velocidad, intersección 1 al 16

Hora		Velocidad (km/hr)	Zona	Observación
Intersección	Calle			
Intersección 1	Tarija	34.89	Residencial	Normal
Intersección 2	Uyuni	31.68	Abierta	Baja
Intersección 3	Yaguacua	37.19	Abierta	Baja
Intersección 4	Chorolque	40.36	Abierta	Baja
Intersección 5	Hugo Salazar	29.18	Abierta	Baja
Intersección 6	Jacinto del fin I	30.41	Residencial	Baja
Intersección 7	Hugo Salazar I	31.04	Residencial	Baja
Intersección 8	Jacinto del Fin	30.68	Comercial	Normal
Intersección 9	Juan XXIII	33.90	Comercial	Normal
Intersección 10	San Pedro	31.20	Comercial	Normal
Intersección 11	Gral. Campero	39.71	Comercial	Normal
Intersección 12	Sucre	44.12	Residencial	Normal
Intersección 13	Crevaux	38.30	Residencial	Normal
Intersección 14	Cochabamba	46.27	Residencial	Normal
Intersección 15	Av. Delicias	36.15	Residencial	Normal
Intersección 16	Independencia	38.30	Residencial	Normal

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3 Resultado del análisis según la zona y la velocidad, intersección 1 al 16

Hora		Velocidad (km/hr)	Zona	Observación
Intersección	Calle			
Intersección 17	27 de Mayo	38.88	Residencial	Normal
Intersección 18	Tassakis	41.96	Residencial	Normal
Intersección 19	24 de Julio	31.20	Comercial	Normal
Intersección 20	10 de Noviembre	29.51	Comercial	Normal
Intersección 21	21 de Enero	32.85	Comercial	Normal
Intersección 22	Méndez	33.97	Comercial	Normal
Intersección 23	Chañares	34.62	Abierta	Baja
Intersección 24	Cornelio Ríos	38.14	Abierta	Baja
Intersección 25	Ceibos	37.66	Abierta	Baja
Intersección 26	Robles	38.30	Abierta	Baja
Intersección 27	Urundeles	35.65	Abierta	Baja
Intersección 28	Arrayanes	21.77	Abierta	Baja
Intersección 29	Bernardino Bilbao	33.34	Comercial	Normal
Intersección 30	Av. Santa Cruz	44.67	Comercial	Normal
Intersección 31	Ballivian	41.00	Comercial	Normal

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la tabla 4-2 que los puntos que presentan una velocidad un poco menor a lo establecido según la zona, son la intersección 2, 3, 4, 5, 6, 7, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29 esto se debe a que en la zona entran y salen el transporte pesado, pero sobre todo en la intersección 5 donde al ser una intersección de 3 accesos y no presentar semáforo los vehículos deciden reducir la velocidad para evitar accidentes.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADO CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Terminado el cálculo de las capacidades de cada intersección se determinó lo siguiente: Accesos de intersecciones que presentan un nivel de servicio F, forzado con velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas.

Tabla 4.4 intersecciones con nivel de servicio F

Calle	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Av. Bolivia, Intersección 6	600	0.814	Nivel de servicio F
Av. Bolivia, Intersección 7	600	0.842	Nivel de servicio F
Gral. Campero, Intersección 11	600	0.501	Nivel de servicio F

Fuente: Elaboración propia

Todos estos accesos presentan un nivel de servicio congestionado ya que los 3 son de giro al 100 % y esto ocasiona a que los vehículos bajen la velocidad y se genere congestionamiento previo a realizar el giro.

Intersecciones que presentan un nivel de servicio E, donde las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación.

Tabla 4.5 Intersecciones con nivel de servicio E

Calle	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Hugo Salazar O., Intersección 5	1548	0.464	Nivel de servicio E

Fuente: Elaboración propia

Intersecciones que presentan un nivel de servicio D donde empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico.

Tabla 4.6 Intersecciones con nivel de servicio D

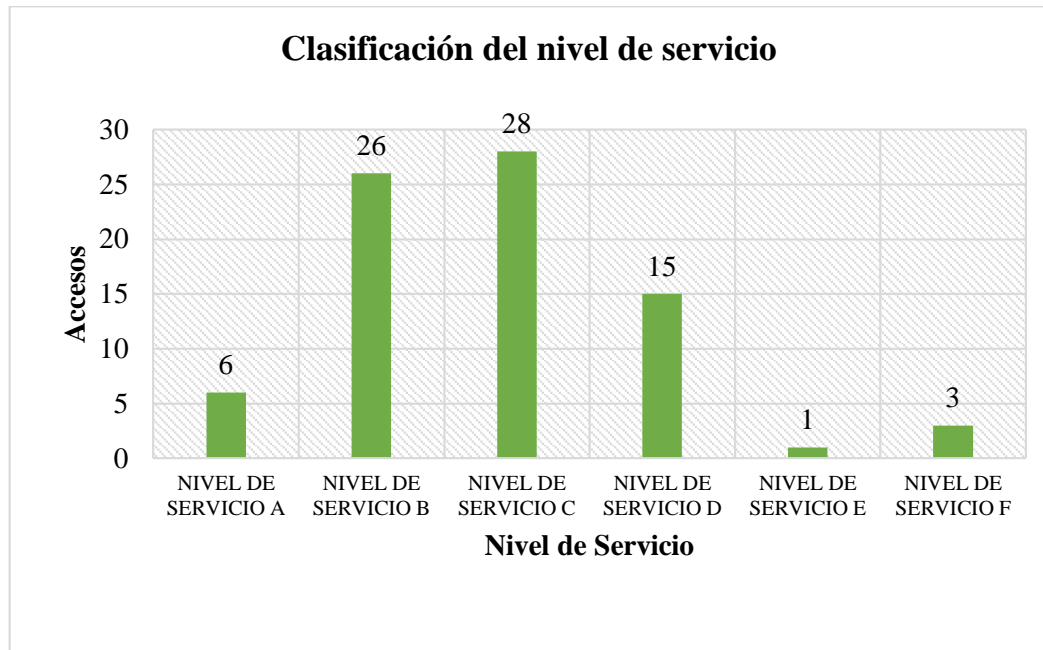
Calle	Capacidad (veh/hr)	V/C	Nivel de servicio
Av. San Martín Sur, Intersección 8	2068	0.368	Nivel de servicio D
Av. San Martín Norte, Intersección 9	1400	0.311	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 9	1400	0.315	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 10	1948	0.346	Nivel de servicio D
Av. San Martín Norte, Intersección 10	1978	0.324	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, intersección 12	1800	0.357	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 14	1880	0.320	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 15	1970	0.324	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 16	1950	0.306	Nivel de servicio D
Av. San Martín Norte, Intersección 19	1500	0.323	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, Intersección 19	1500	0.360	Nivel de servicio D
Av. San Martín Sur, intersección 20	1790	0.345	Nivel de servicio D
Av. San Martín Oeste, intersección 29	2156	0.301	Nivel de servicio D
Av. San Martín Este, Intersección 29	2200	0.339	Nivel de servicio D
Av. San Martín Oeste, Intersección 30	1705	0.339	Nivel de servicio D

Fuente: Elaboración propia

Todos los demás accesos presentan un nivel de servicio A, B y C que son considerados que tienen una circulación estable y que son ideales para circulación del tráfico vehicular, donde las velocidades son aceptables y no existe mucho congestionamiento.

El número de accesos identificados en total es de 79 de cuales se presenta un resumen del nivel de servicio a continuación:

Gráfica 4.2 Resumen del nivel de servicio por acceso



Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 Comparación de la capacidad y nivel de servicio de vías interrumpidas e ininterrumpidas en tramos críticos

Se tomó 12 intersecciones para la realización del cálculo de la capacidad y nivel de servicio por el método INVIAS para vías ininterrumpidas.

Tabla 4.7 Comparación de las capacidades mediante el análisis de vías Ininterrumpidas e Interrumpidas

Capacidad		Vías Ininterrumpidas	Vías Interrumpidas
Intersección		Capacidad real veh/hr	Capacidad real veh/hr
1	Intersección 3 calle Yaguacua	2482	2194
2	Intersección 4 calle Chorolque	2712	2196
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	2512	2173
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	2536	2145
5	Intersección 10 calle San Pedro	2740	1978
6	Intersección 15 Av. las Delicias	2597	1970
7	Intersección 16 calle Independencia	2625	2000
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	2655	1500
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	2655	1870
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	2817	2200
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	2480	1981
12	Intersección 31 calle Ballivian	2663	2200

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en todas las intersecciones que se estudió como si fueran vías ininterrumpidas las capacidades son mayores a las de vías interrumpidas. Donde se evidencia más la diferencia es en las intersecciones del centro de la ciudad esto debido a que el análisis y cálculo para vías interrumpidas se toma una capacidad ideal que va de la mano de la zona en la cual se encuentra la intersección ya sea comercial, urbana, suburbana, y la posición de la misma si se encuentra en el centro o alejada del mismo. Otro factor que se toma en cuenta en vías interrumpidas es si la zona permite o no estacionamientos, todos estos aspectos se toman en cuenta en el análisis y cálculo de vías interrumpidas a diferencia de las de Ininterrumpidas que tenemos como base una capacidad teórica de 3200 veh/hr que es mayor a la capacidad ideal de casi todas las intersecciones.

Tabla 4.8 Comparación del nivel de servicio mediante el análisis de vías Ininterrumpidas e Interrumpidas

Nivel de Servicio		Vías Ininterrumpidas	Vías interrumpidas
Intersección		Nivel de Servicio	Nivel de Servicio
1	Intersección 3 calle Yaguacua	Nivel de servicio E	Nivel de servicio C
2	Intersección 4 calle Chorolque	Nivel de servicio D	Nivel de servicio C
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	Nivel de servicio E	Nivel de servicio C
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	Nivel de servicio D	Nivel de servicio C
5	Intersección 10 calle San Pedro	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
6	Intersección 15 Av. las Delicias	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
7	Intersección 16 calle Independencia	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	Nivel de servicio E	Nivel de servicio D
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
12	Intersección 31 calle Ballivian	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del nivel de servicio en vías ininterrumpidas se toma en cuenta la velocidad final afectada por varios factores, mientras que para las vías interrumpidas se realiza mediante la relación V/C. Como se puede observar existe variaciones en los niveles de servicio pero que en la mayoría coinciden a excepción de las intersecciones 1 y 3 que su diferencia es mayor a comparación de las demás.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SEÑALIZACIÓN

Durante el proceso de recopilación de datos y aforos de cada intersección se pudo apreciar que existe señales verticales, preventivas, restrictivas y de información. Pero que a su vez presentan una serie de problemas ya que se encuentran ocultas por arbustos, despintadas por la acción del sol o muy próximas a la intersección dejando poco tiempo al conductor de reaccionar.

4.3.1 Señalamiento horizontal

Tanto en la avenida Bolivia como en la av. San Martín no se encontró ninguna señalización horizontal, ni de paso de peatones, ni de flechas direccionales. En ninguna de las intersecciones se observó alguna señal horizontal, a continuación, se puede ver algunas imágenes de intersecciones donde se aprecia la falta de los mismos.

Figura 4.1 Falta de señalamiento horizontal intersección 11



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.2 Falta de señalamiento horizontal intersección 19



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Falta de señalamiento horizontal intersección 20



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Señalamiento Vertical

Se pudo observar que existe señalamiento vertical, la mayoría en los 5 puntos donde existe semáforo, pero lamentablemente esto no ocurre en las demás intersecciones donde las señales son pocas o casi nulas. A continuación, algunas de las señales verticales encontradas en la zona de estudio.

Figura 4.4 señalización vertical de restricción, intersección 14



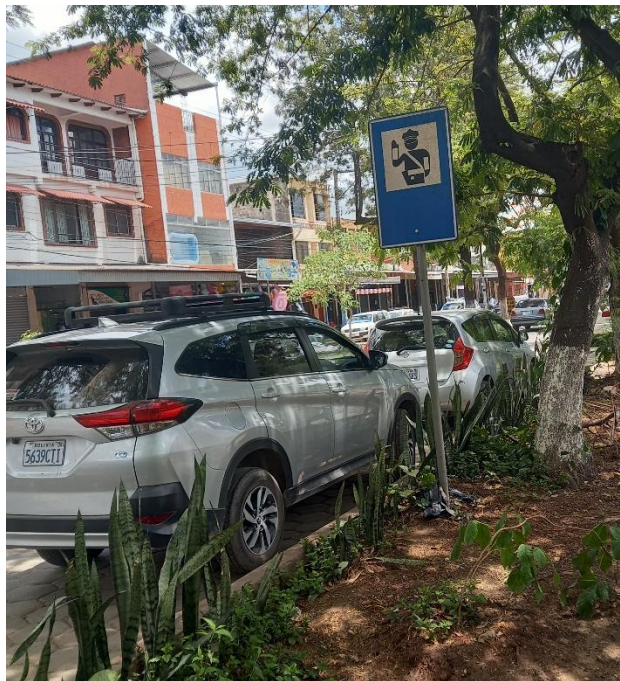
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 señalización vertical con deficiencias en la figura intersección 11



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Señalización vertical de información, intersección 10



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Señalización vertical obstruida visualmente para el conductor, intersección 10



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8 señalización vertical de información y restricción, intersección 6



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 señalización vertical con desgaste en las letras intersección 7



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar existe señalización vertical pero que a su vez son pocas y algunas presentan inconvenientes como el despintado, mala ubicación o visualmente están ocultas, para ello se planteará nuevas alternativas de solución.

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE SEMAFORIZACIÓN

Para el análisis de los resultados de la semaforización se procedió a dividir en dos partes, la primera para las intersecciones que presentan semáforos y la segunda para las que se encuentran sin los mismos.

4.4.1 Comparación de tiempos de verde y ciclos teóricos con los reales

Tabla 4.9 Comparación de tiempos de verde y ciclos teóricos con los reales V

N°	Nombre	Tiempos reales		Tiempos calculados	
		Tiempo verde (s)	Tiempo de ciclo (s)	Tiempo verde (s)	Tiempo de ciclo (s)
Intersección 7	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	25	50	41	63
Intersección 7a	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	17	50	12	63
Intersección 9	Av. San Martín esq. Juan XXIII	25	50	23	57
Intersección 9a	Av. San Martín esq. Juan XXIII	17	50	23	57
Intersección 10	Av. San Martín esq. San Pedro	25	50	25	62
Intersección 10a	Av. San Martín esq. San Pedro	17	50	27	62
Intersección 11	Av. San Martín esq. Gral. Campero	21	50	41	78
Intersección 11a	Av. San Martín esq. Gral. Campero	21	50	27	78
Intersección 12	Av. San Martín esq. Sucre	20	46	19	56
Intersección 12a	Av. San Martín esq. Sucre	20	46	25	56

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que los tiempos de ciclo y tiempos verdes reales varían con los calculados, por ejemplo, en la intersección 7 el semáforo tiene los mismos tiempos verdes cuando en realidad debería ser diferente porque sus volúmenes tienen una diferencia considerable de un acceso con el otro, otra intersección que cuenta con semáforo y presenta variación en sus tiempos calculados es la 8, el tiempo verde del acceso sur es muy bajo a comparación del real.

La intersección 9, 10 Y 12 no presentan mucha variación en sus tiempos reales con los calculados por lo que se considera que sus tiempos verdes van de la mano con la cantidad de vehículos y su flujo de saturación.

La intersección 11 presenta una variación en su tiempo de ciclo debido a que uno de sus accesos solamente es giro y es una zona comercial por lo cual existe un alto índice de congestión y bajas velocidades, por lo que se considera que el tiempo del acceso de la calle Campero debe ser mayor al de la avenida San Martín norte.

4.4.2 Análisis de tiempos de verde y ciclos calculados en intersecciones sin semáforos

Tabla 4.10 Tiempos verdes y ciclos calculados para las intersecciones de los semáforos tipo I, II Y III

Tipo	Intersección	Calle	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
Semáforo tipo I	Intersección 9	Juan XXIII	57	46	23	23
	Intersección 13	Crevaux	35	25	14	11
	Intersección 17	27 de Mayo	38	28	16	12
	Intersección 19	24 de Julio	68	57	33	24
	Intersección 30	Ballivian	45	35	18	17
	Intersección 25	Ceibos	29	19	12	7
	Intersección 27	Urundeles	30	19	13	6
Semáforo tipo II	Intersección 7	Hugo Salazar	63	53	12	41
	Intersección 6	Jacinto del fin I	65	55	14	41
	Intersección 11	Gral. Campero	78	68	27	41
	Intersección 21	21 de Enero	35	25	17	8
	Intersección 23	Chañares	48	38	29	9
Semáforo tipo III	Intersección 8	Jacinto del Fin	63	51	29	22
	Intersección 10	San Pedro	62	52	27	25
	Intersección 12	Sucre	56	44	25	19
	Intersección 14	Cochabamba	57	45	24	21
	Intersección 16	Independencia	52	42	22	20
	Intersección 18	Tassakis	49	39	21	18
	Intersección 20	10 de Noviembre	57	47	25	22
	Intersección 26	Robles	34	24	12	12
Intersección 22	Méndez	38	28	14	14	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 Tiempos verdes y ciclos calculados para las intersecciones de los semáforos tipo I, II Y III

Tipo	Intersección	Calle	Co (s)	g T (s)	Verde g1 (s)	Verde g2 (s)
Semáforo tipo IV	Intersección 5	Hugo Salazar I	54	48	16	32
	Intersección 15	Av. Delicias	45	39	22	17
	Intersección 3	Yaguacua	22	16	13	3
	Intersección 4	Chorolque	23	17	12	5
	Intersección 24	Cornelio Ríos	22	16	10	6
Semáforo tipo V	Intersección 31	Bernardino Bilbao	50	39	26	13
	Intersección 29	Av. Santa Cruz	44	32	20	12
	Intersección 28	Arrayanes	29	18	14	4
Semáforo tipo VI	Intersección 1	Tarija	38	28	13	15
	Intersección 2	Uyuni	35	25	11	14

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo para las 31 intersecciones independientemente si tienen o no semáforo, según el análisis las intersecciones que tienen un tiempo de ciclo alto son las que requieren que se implementen un semáforo para poder de cierta manera mejorar la transitabilidad de los vehículos y el paso seguro del peatón.

4.4.3 Estudio y justificación de los semáforos

Tabla 4.12 Intersecciones que requieren la implementación de un semáforo

Tipo	Intersección	Calle	Observación
Semáforo tipo I	Intersección 9	Juan XXIII	Requiere semáforo
	Intersección 13	Crevaux	No requiere semáforo
	Intersección 17	27 de Mayo	No requiere semáforo
	Intersección 19	24 de Julio	Requiere semáforo
	Intersección 30	Ballivian	Requiere semáforo
	Intersección 25	Ceibos	No requiere semáforo
	Intersección 27	Urundeles	No requiere semáforo
Semáforo tipo II	Intersección 7	Hugo Salazar	Requiere semáforo
	Intersección 6	Jacinto del fin I	Requiere semáforo
	Intersección 11	Gral. Campero	Requiere semáforo
	Intersección 21	21 de Enero	No requiere semáforo
	Intersección 23	Chañares	No requiere semáforo
Semáforo tipo III	Intersección 8	Jacinto del Fin	Requiere semáforo
	Intersección 10	San Pedro	Requiere semáforo
	Intersección 12	Sucre	Requiere semáforo
	Intersección 14	Cochabamba	Requiere semáforo
	Intersección 16	Independencia	Requiere semáforo
	Intersección 18	Tassakis	Requiere semáforo
	Intersección 20	10 de Noviembre	Requiere semáforo
	Intersección 26	Robles	No requiere semáforo
	Intersección 22	Méndez	No requiere semáforo
Semáforo tipo IV	Intersección 5	Hugo Salazar I	Requiere semáforo
	Intersección 15	Av. Delicias	Requiere semáforo
	Intersección 3	Yaguacua	No requiere semáforo
	Intersección 4	Chorolque	No requiere semáforo
	Intersección 24	Cornelio Ríos	No requiere semáforo
Semáforo tipo V	Intersección 31	Bernardino Bilbao	Requiere semáforo
	Intersección 29	Av. Santa Cruz	No requiere semáforo
	Intersección 28	Arrayanes	No requiere semáforo
Semáforo tipo VI	Intersección 1	Tarija	No requiere semáforo
	Intersección 2	Uyuni	No requiere semáforo

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4.3 Intersecciones con semáforos antes del estudio realizado



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 4.4 Intersecciones con semáforo después del estudio realizado



Fuente: Elaboración Propia

4.5 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Luego del análisis que se hizo de las diferentes intersecciones y tomando en cuenta que no podemos generalizar con una misma solución a todas, es que se plantea algunas alternativas de solución que serán aplicadas dependiendo la necesidad que así lo requiera.

4.5.1 Regulación de capacidad y nivel de servicio

La capacidad y el nivel de servicio se ve afectado por diferentes motivos los cuales reducen la intensidad y la velocidad de los vehículos, unos de los mayores problemas es la falta de estacionamientos permitidos en la avenida lo que ocasiona que los vehículos se estacionen en zonas donde afectan directamente la capacidad de la avenida o calle.

Otro factor que afecta directamente a la capacidad y al nivel de servicio es la circulación de transporte pesado lo que ocasiona que se generen congestiones en intersecciones de mucho volumen, reduciendo su velocidad.

4.5.1.1 Restricción de ingreso de vehículos pesados y buses interdepartamentales

A lo largo de la avenida San Martín el tipo de vehículo que ocasiona mayor problema debido a su tamaño es el transporte pesado, pese a que su ingreso está restringido desde la avenida las Delicias hasta la intersección con la calle Hugo Salazar, no es suficiente ya que el transporte pesado ingresa a diferentes horas del día y en especial en la noche que justo coincide con la llegadas de flotas y de vehículos particulares que hacen uso de la avenida San Martín para llegar a la zona de la terminal, colegios, hospitales o a otro punto como es la frontera con Argentina.

Para ello se restringirá el ingreso de los vehículos pesados a determinadas horas que son de menor flujo vehicular, de 06:00 am hasta las 07:00 am, 13:00 pm a 14:00 pm y de 22:00 a 23:00 pm.

Mientras que para los buses que acceden a la terminal el horario de ingreso y salida serán de 06:00 am hasta las 08:00 am con fines de que puedan llegar y al mismo tiempo descargar sus encomiendas, y en la tarde noche desde las 19:00 pm hasta las 22:00 pm.

4.5.1.2 Prohibición y habilitación de estacionamientos en zonas de mayor demanda

Se observa a detalle en el anexo 6, planos de estacionamientos.

4.5.1.3 Habilitación de ambos carriles restringiendo el estacionamiento

Los hitos viales son separadores de carriles y ciclo vías como también para el uso del tránsito peatonal, tienen la función de un delineamiento vial para aprovechar ambos carriles y evitar que el estacionamiento de vehículos en zonas no permitidas afecte la capacidad y se genere menor flujo vehicular.

Un Hito vial delineador está fabricado de PVC flexible con el propósito de que sea lo suficientemente rígido para mantenerse de pie y a su vez, si es impactado pueda regenerarse y volver a posición inicial. Los hitos viales cuentan con 3 cintas reflectivas al igual que su color puede ser amarillo o naranja.

Figura 4.10 Hito modelo Neos con base circular



Fuente: Olaflex

Tabla 4.13 Dimensionamiento Hito NEOS base circular

Hito Neos base circular			
Referencia	Profundidad	Alto	Peso
Neos base circular	21 cm	8 cm	0.8 kg
Poste	7 cm	70 cm	1 kg

Fuente: Olaflex

Figura 4.11 Hito modelo HTS -1



Fuente: Olaflex

Tabla 4.14 Dimensionamiento del Hito modelo HTS-1

Hito Hts-1				
Referencia	Profundidad	Alto	Largo	Peso
Hts-1	21 cm	70 cm	ø cm	1.4 kg

Fuente: Olaflex

Figura 4.12 Dimensionamiento de las cintas reflectoras del hito



Fuente: Manual de Señalización vial de Colombia

Los tramos en los que se emplearan hitos Viales para así evitar que los vehículos se estacionen son los siguientes:

Tabla 4.15 Tramos de intersecciones que se implementarán los separadores de carriles

Intersección 8	Jacinto del Fin	a	Intersección 9	Juan XXIII
Intersección 9	Juan XXIII	a	Intersección 10	San Pedro
Intersección 10	San Pedro	a	Intersección 11	Gral. Campero
Intersección 19	24 de Julio	a	Intersección 20	10 de Noviembre
Intersección 20	10 de Noviembre	a	Intersección 21	21 de Enero
Intersección 30	Ballivian	a	Intersección 31	Bernardino Bilbao
Intersección 15	Av. Delicias	a	Intersección 16	Independencia

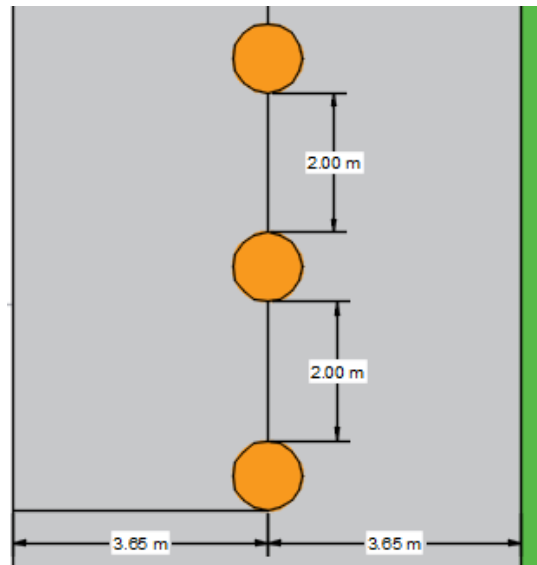
Fuente: Elaboración propia

Es recomendable para el uso Hito NEOS base circular debido a una mayor anclaje y estabilidad en la parte de la unión al pavimento. Las separaciones entre los hitos viales serán de 2 m y serán ubicados a la mitad del ancho del carril.

Como ejemplo de la ubicación de los hitos viales se tiene la intersección 20.

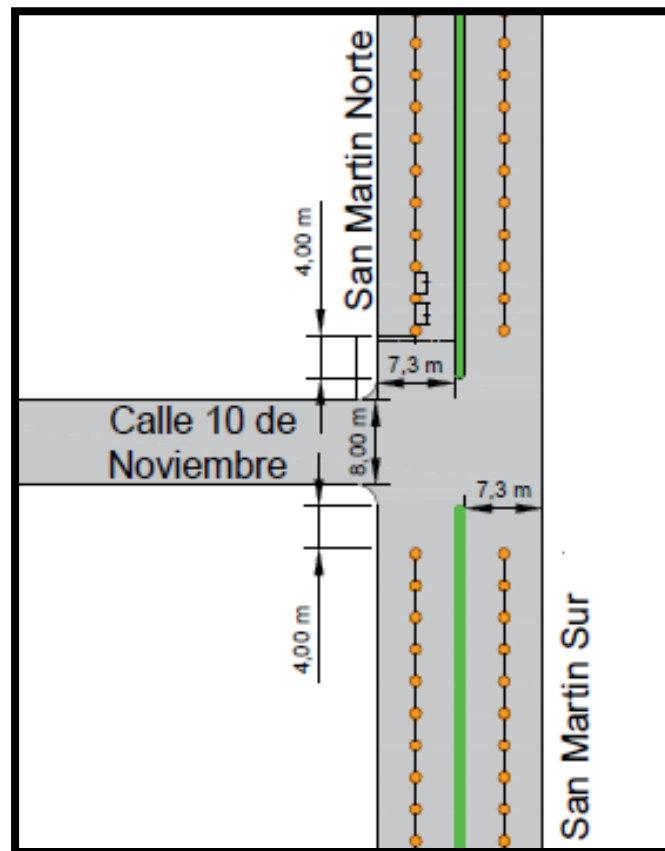
Todos los demás tramos que requieran la implementación de los hitos se tiene a detalle en los planos de señalización.

Figura 4.13 Detalle en planta de la disposición de los Hitos viales



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14 Detalle de los Hitos viales en la intersección 20



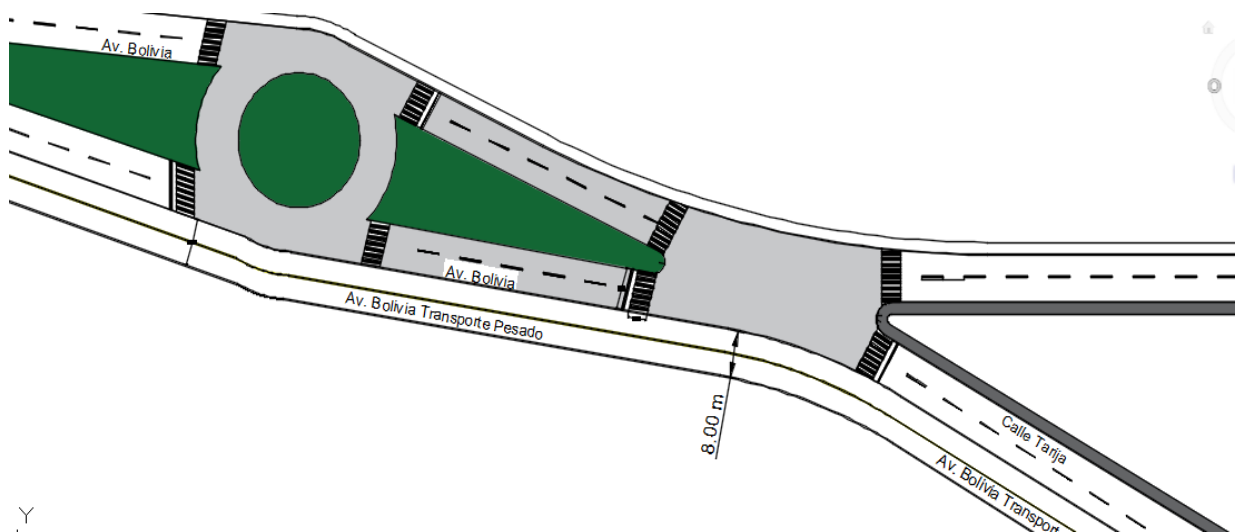
Fuente: Elaboración propia

4.5.1.4 Habilitación de un carril adicional para el estacionamiento del transporte pesado en la avenida Bolivia

Unos de los problemas evidenciados en la avenida Bolivia en la intersección 1 y 2 es el estacionamiento del transporte pesado tanto camiones cisternas, frigoríficos o de carga (carperos), los cuales antes de hacer su ingreso a la república de Argentina hacen la espera de la orden del vecino país para poder ingresar pero previo a eso hacen uso de la calzada reduciendo considerablemente la capacidad de la misma y al mismo tiempo es un peligro debido a que se presentan muchos accidentes ya a que algunos conductores intentan adelantar y como que el ancho de la calzada se ve reducida por el transporte pesado se presentan colisiones.

Para el presente problema se pretende proponer un carril exclusivo para la circulación y el estacionamiento del transporte pesado, donde podrán estacionarse y esperar el ingreso al país de la Argentina. Para ello se habilitará un carril entre la vía férrea y la calzada

Figura 4.15 Implementación de un carril extra para la circulación y estacionamiento del transporte pesado



Fuente: Elaboración propia

El ancho del carril será de 8.00 metros de ancho, espacio suficiente para la circulación y estacionamiento en dos filas del transporte pesados, el cual empezará en la intersección 3 calle Yaguacua y terminará en la intersección 1 calle Tarija.

4.5.2 Mejoramiento de la señalización

En todas las intersecciones analizadas en este proyecto, existe la necesidad de utilizar señales verticales, sean estas preventivas, reglamentarias e informativas, como así utilizar señalización horizontal, citando líneas de cruce peatonal, líneas de parada y flechas direccionales de recta y viraje.

4.5.2.1 Implementación de señales verticales

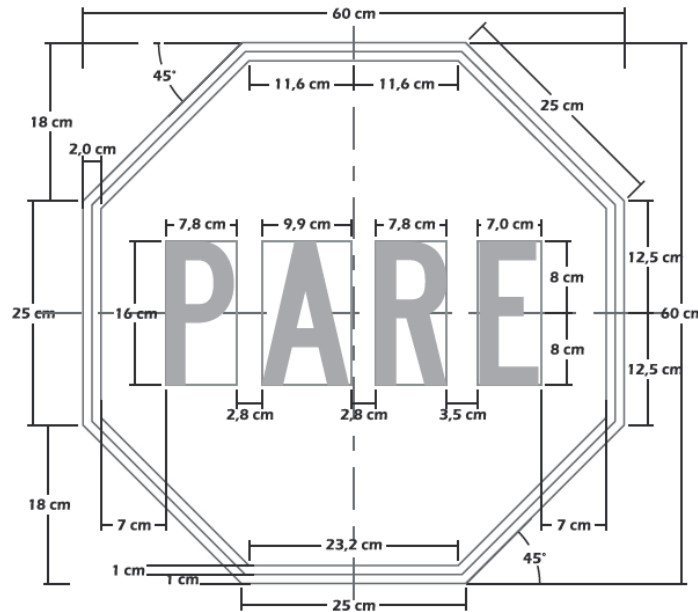
Dimensiones de las señales verticales a utilizar:

Figura 4.16 Señal vertical PARE



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.17 Dimensiones de la señalización para velocidades menores a 50 km/hr



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

La señalización PARE será utilizada:

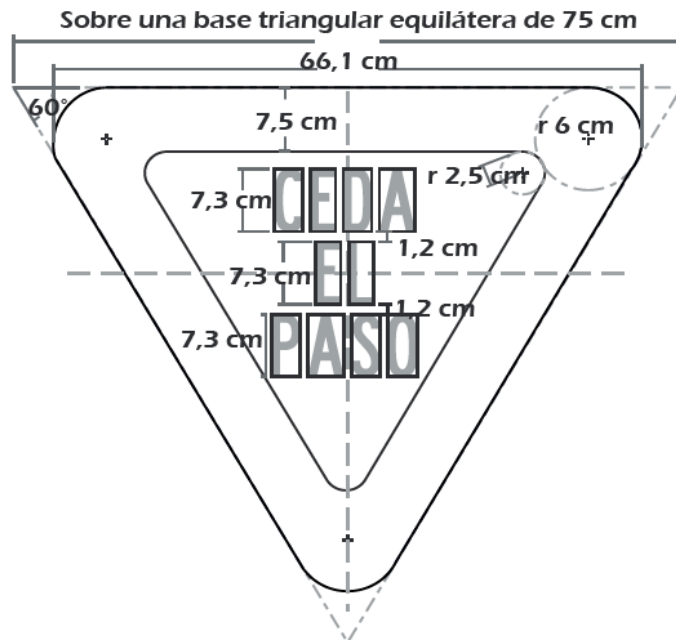
En la intersección con una vía de mayor jerarquía, por ejemplo, una calle con una avenida y en cualquier tipo de intersección donde la combinación de altas velocidades, distancia de visibilidad, flujos peatonales, flujos de bicicletas, registro de accidentes, etc., hace necesario detener los vehículos para evitar colisiones

Figura 4.18 Señal vertical ceda el paso



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.19 Dimensiones de la señalización ceda el paso para velocidades menores a 50 km/hr



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

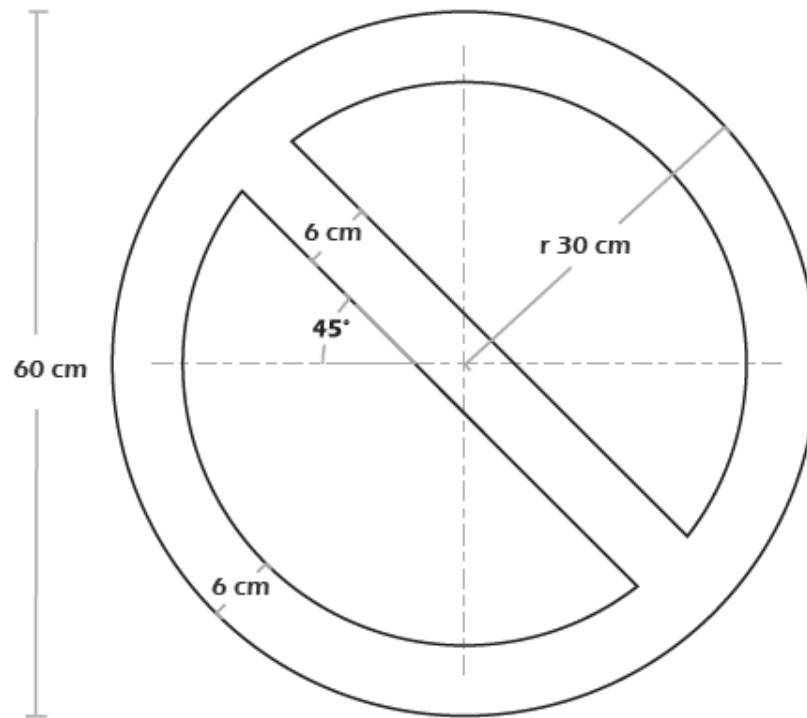
Esta señal será utilizada cuando exista vías unidireccionales de dos o más carriles o cuando la visibilidad de la señal se vea obstaculizada, ésta debe ser reforzada, instalándola también al costado izquierdo, o bien utilizando una de mayor tamaño.

Figura 4.20 Señal vertical de prohibición de giro



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.21 Dimensiones de la señalización prohibición de giro para velocidades menores a 50 km/hr

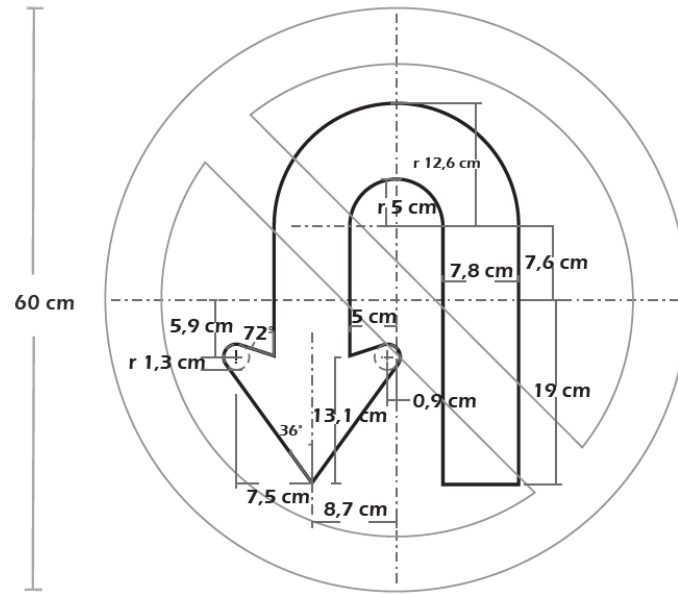


Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Esta señal vertical es utilizada para todo tipo de restricciones como ser:

- Prohibido girar a la derecha
- Prohibido girar a la izquierda
- No pase
- Prohibido adelantar
- Prohibido girar en U
- Prohibido adelantar, etc.

Figura 4.24 Dimensiones de la señalización prohibición de giro en U



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.25 Señal vertical de prohibición de vehículos pesados



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Esta señal se empleará para notificar a los conductores de vehículos pesados que está prohibida su circulación en el tramo que se indique. Debido a la congestión vehicular se complementará la señal con una placa informativa que limite las horas de la prohibición.

Figura 4.26 señal vertical prohibición de carga y descarga



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Esta señal será utilizada en zonas donde los vehículos suelen tardar en realizar sus cargas y descargas ocasionando retención de los vehículos.

4.5.2.2 Implementación de señales horizontales

Una vez hecho el análisis correspondiente se determinó el tipo de señalización que deben de tener las intersecciones con mayor flujo vehicular.

4.5.3 Instalación de nuevos semáforos

Luego de la evaluación realizada se sugiere la implementación de semáforos en las intersecciones que presentan.

Para la implementación de los semáforos se utilizará una programación de tiempos fijos o predeterminados los cuales se adaptan mejor a las intersecciones en donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes o donde existe variaciones que no ocasionan demoras o congestión.

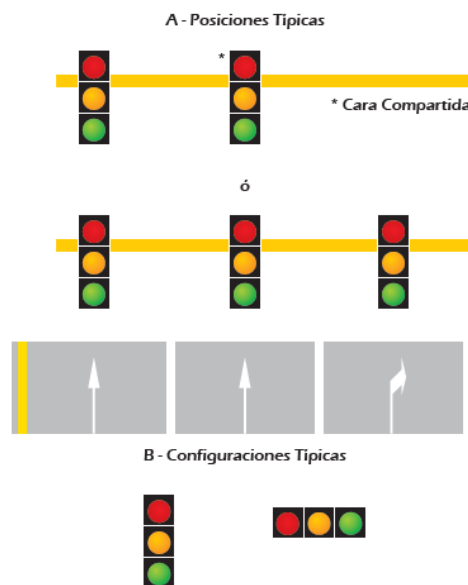
El modelo de cabezal contará con un temporizador del tiempo de las fases

Figura 4.27 Modelo de semáforo a implementar



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.28 Posición y configuración de los semáforos



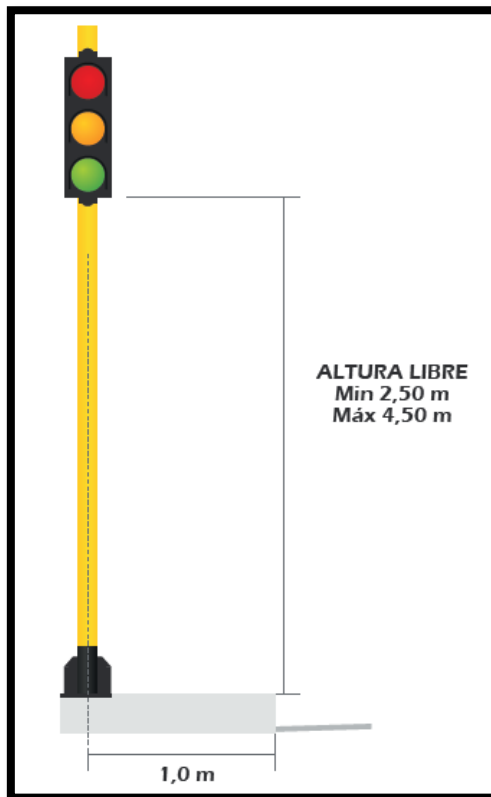
Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Para la ubicación de los semáforos será tomara en cuenta lo siguiente:

- Por lo menos una de las caras debe ubicarse a no menos de 12 m de la línea de detención.
- A no más de 55 m de la línea de detención, a menos que exista una cara suplementaria en el lado cercano del acceso.
- Tan cercana a la línea visual del conductor a quien se aplica.

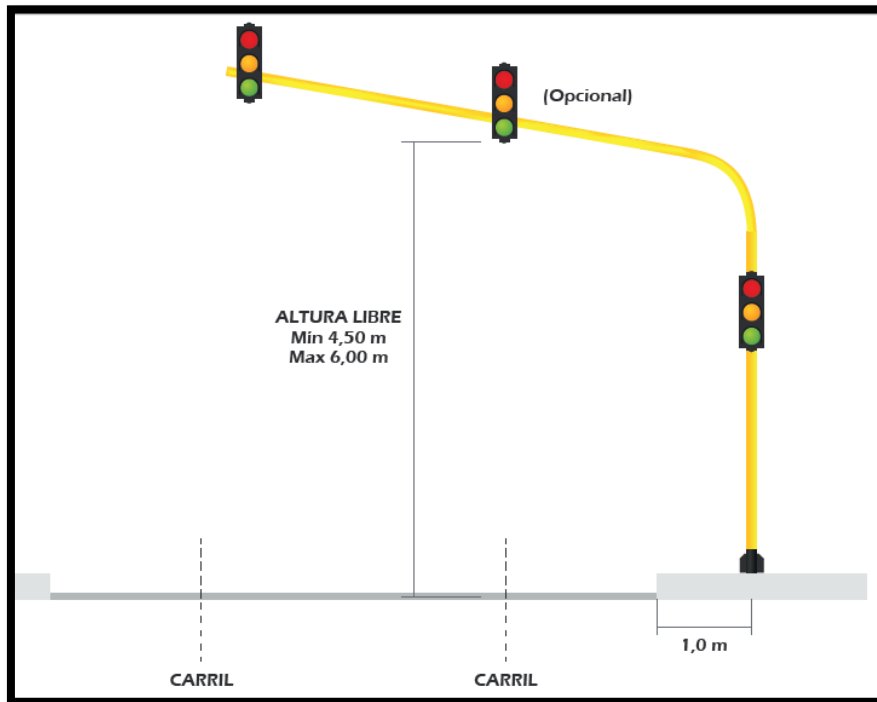
4.5.3.1 Implementación de los postes de pedestal y ménsulas largas

Figura 4.29 Ubicación de los postes de pedestal para semáforo



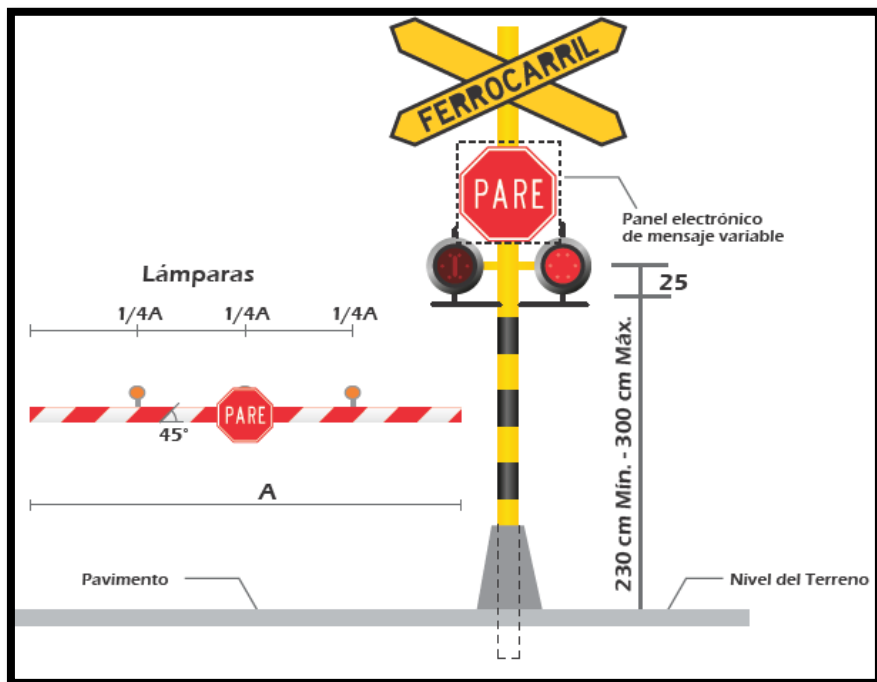
Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.30 Semáforo soportado con ménsula larga



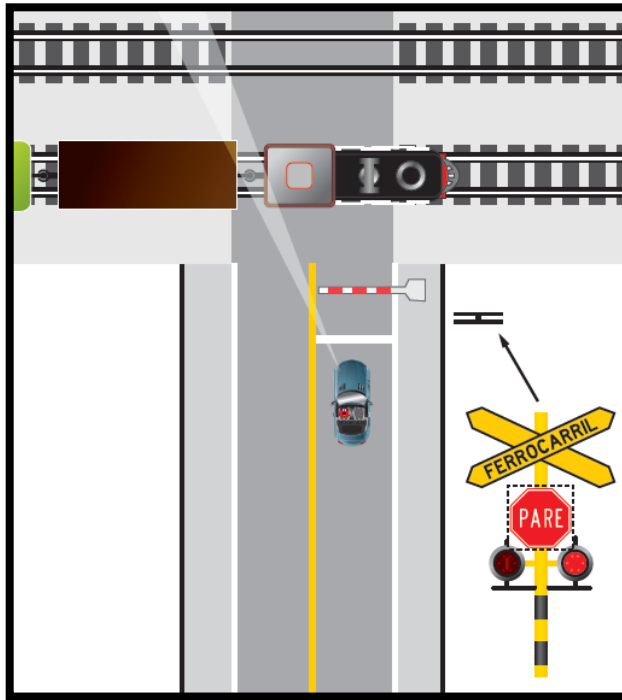
Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.31 Semáforo especial para paso del Tren en la intersección 5 y 6



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

Figura 4.32 Ubicación del semáforo para el paso del tren



Fuente: Manual de señalización vial. Colombia 2015

La ubicación de los semáforos se observa a detalle en los planos de señales verticales y horizontales.

4.5.3.2 Tiempos de ciclo en los nuevos semáforos

Figura 4.33 Ciclo de semáforo intersección 5

Intersección 5 Hugo Salazar		tiempo de ciclo	54 segundos		Tc
Acceso 1	Av. Bolivia 1	32 s	2s	20 s	54 s
Acceso 2	Hugo Salazar Oeste	35 s	16	2	54 s
Acceso 3	Hugo Salazar este	36 s	16	2	54 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34 Ciclo de semáforo intersección 7

Intersección 7 Hugo Salazar I		tiempo de ciclo	63 segundos		Tc
Acceso 1	Hugo Salazar Oeste	46 s	14 s	3 s	63 s
Acceso 2	Av. San Martín	41 s	3s	19 s	63 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35 Ciclo de semáforo intersección 6

Interseccion 6 Jacinto del Fin I		tiempo de ciclo	65 segundos	Tc
Acceso 1	Hugo Salazar Oeste	46 s		65 s
Acceso 2	Av. San Martin	41 s		65 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36 Ciclo de semáforo intersección 8

Interseccion 8 Jacinto del Fin		tiempo de ciclo	63 segundos	Tc
Acceso 1	Av. San Martin Norte	32 s		63 s
Acceso 2	Av. San Martin Sur	29 s		63 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37 Ciclo de semáforo intersección 9

Interseccion 9 Juan XXIII		tiempo de ciclo	57 segundos	Tc
Acceso 1	Av. San Martin Sur	29 s		57 s
Acceso 2	Av. San Martin Norte	29 s		57 s
Acceso 3	Juan XXIII	23 s		57 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38 Ciclo de semáforo intersección 10

Interseccion 10 San Pedro		tiempo de ciclo	62 segundos	Tc
Acceso 1	Av. San Martin Norte	32 s		62 s
Acceso 2	Av. San Martin Sur	27 s		62 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39 Ciclo de semáforo intersección 11

Interseccion 11 Campero		tiempo de ciclo	78 segundos	Tc
Acceso 1	Campero	46 s		78 s
Acceso 2	Av. San Martin	41 s		78 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40 Ciclo de semáforo intersección 12

Interseccion 12 Sucre		tiempo de ciclo	56 segundos	Tc
Acceso 2	Av. San Martin Norte	31 s		56 s
Acceso 1	Av. San Martin Sur	25 s		56 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.41 Ciclo de semáforo intersección 14

Intersección 14 Cochabamba		tiempo de ciclo	57 segundos	Tc
Acceso 2	Av. San Martin Norte	30 s		57 s
Acceso 1	Av. San Martin Sur	24 s		57 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.42 Ciclo de semáforo intersección 15

Intersección 15 Av. Las Delicias		tiempo de ciclo	45 segundos		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Sur	22 s	2s	21 s	45 s
Acceso 2	Av. San Martín Norte	22 s	2s	21 s	45 s
Acceso 3	Av. Las Delicias	25 s		17 s	2s 45 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43 Ciclo de semáforo intersección 16

Intersección 16 Independencia		tiempo de ciclo	52 segundos		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Sur	22 s	3 s	27 s	52 s
Acceso 2	Av. San Martín Norte	27 s		20 s	3 s 2s 52 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.44 Ciclo de semáforo intersección 18

Intersección 18 Tassakis		tiempo de ciclo	49 segundos		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Sur	21 s	3 s	25 s	49 s
Acceso 2	Av. San Martín Norte	26 s		18 s	3s 2s 49 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.45 Ciclo de semáforo intersección 19

Intersección 19 24 de Julio		tiempo de ciclo	68 segundos		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Sur	33 s	3 s	32 s	68 s
Acceso 2	Av. San Martín Norte	33 s	3 s	32 s	68 s
Acceso 3	24 de Julio	39 s		24 s	3 s 2s 68 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.46 Ciclo de semáforo intersección 20

Intersección 20 10 de Noviembre		tiempo de ciclo	57 segundos		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Sur	25 s	3 s	29 s	57 s
Acceso 2	Av. San Martín Norte	30 s		22 s	3 s 2s 57 s

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.47 Ciclo de semáforo intersección 29

Intersección 29 Bernardino Bilbao		tiempo de ciclo	50 s		Tc
Acceso 1	Av. San Martín Este	26 s	3s	21 s	50 s
Acceso 2	Av. San Martín Oeste	26 s	3s	21 s	50 s
Acceso 3	Av. Bernardino Bilbao	32 s		13	3s 2s 50 s

Fuente: Elaboración propia

4.5.4 Readecuación de sentidos y carril de acceso en las intersecciones

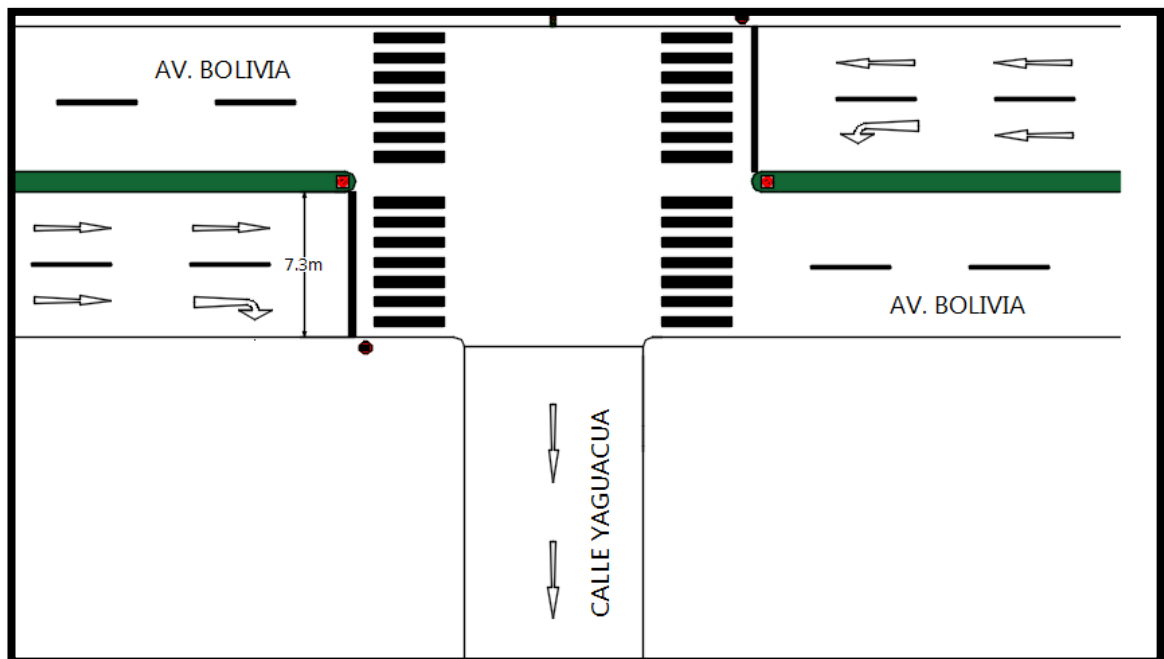
Se propone definir el sentido de circulación de los vehículos en las intersecciones donde no están establecido.

Las intersecciones que actualmente no están definidas su sentido del flujo son las siguientes:

Intersección 3, acceso 3 calle Yaguacua

La calle Yaguacua actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone que el acceso 3 sea exclusivamente de salida de vehículos de la intersección debido que existe accesos de entrada con dirección sur y como prevención de que puede existir accidentes al ingreso de la avenida.

Figura 4.48 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 3

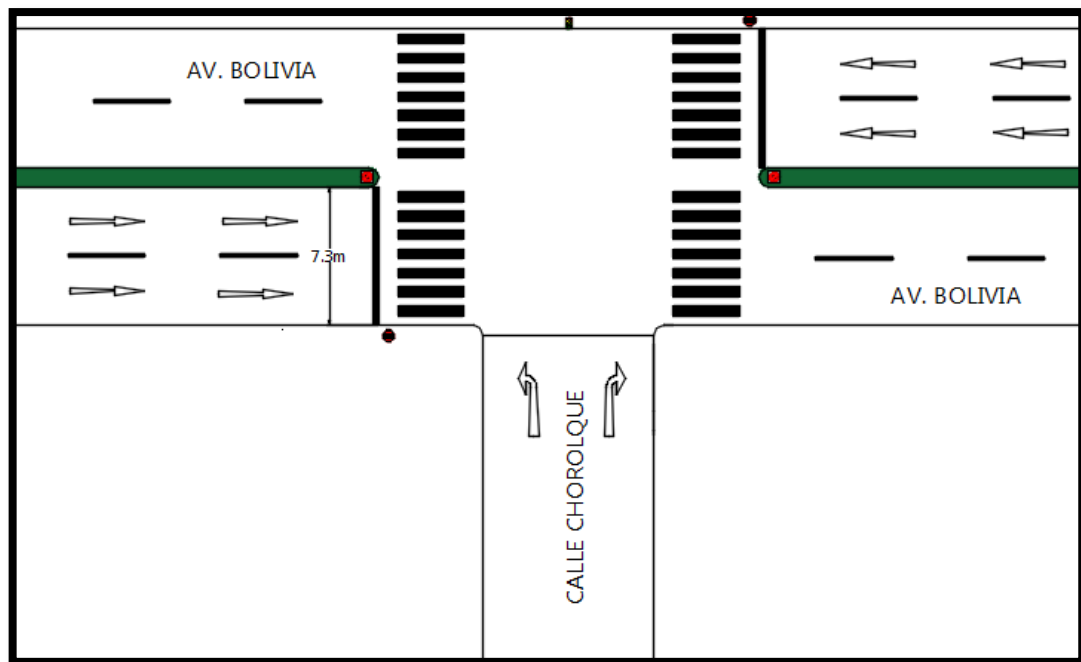


Fuente: Elaboración propia

Intersección 4, acceso 3 calle Chorolque

La calle Chorolque actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone que el acceso 3 sea exclusivamente de entrada de vehículos con giro a la derecha e izquierda a la intersección debido que existe accesos de salida con dirección norte y como prevención de que puede existir accidentes en la intersección.

Figura 4.49 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 4



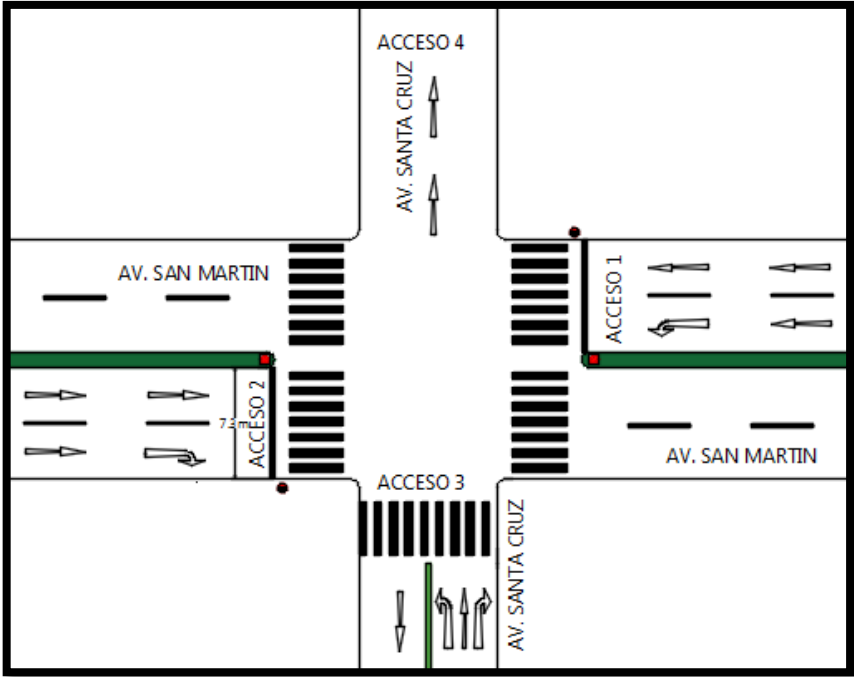
Fuente: Elaboración propia

Intersección 29, acceso 4 Av. Santa Cruz

La avenida Santa Cruz con acceso del norte a la intersección es una entrada y salida no determinara, a diferencia de los otros accesos a la intersección este acceso no está asfaltado y el uso de vehículos en este tramo es mínimo a comparación de la avenida principal, actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone

que el acceso 4 sea exclusivamente de salida de vehículos de la intersección y como prevención de que pueda existir accidentes en la misma.

Figura 4.50 Propuesta de los sentidos del acceso en la intersección 29



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se pudo determinar las horas pico que ocasionan congestión vehicular, para esto se procedió a aforar 16 horas desde las 06:00 am hasta las 22:00 pm en las cuales se aforo sin clasificar el tipo de vehículos y solo se determinó las intensidades máximas por hora. de donde se pudo determinar que las horas de máxima demanda son:

Tabla 5.1 Resumen horas pico

Nº	Horas pico		
	Inicio	Fin	Vol. (veh/hr)
1	8:00 am	9:00 am	1108
2	11:00 am	12:00 pm	1091
3	18:00 pm	19:00 pm	1158

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el aforo en las 31 intersecciones en las cuales se tomaron en cuenta la clasificación según el uso del vehículo sea público o privado, según el tamaño si es liviano, mediano o pesado, como también la circulación de los mismos si realizan giro derecha, izquierda o siguen de frente. Para determinar los volúmenes se hizo un análisis estadístico donde como resultado se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5.2 Resumen de volúmenes

Intersección	Volumen veh/hr	Intersección	Volumen veh/hr
Intersección 1	854	Intersección 17	1078
Intersección 2	815	Intersección 18	1068
Intersección 3	921	Intersección 19	1196
Intersección 4	971	Intersección 20	1170
Intersección 5	1325	Intersección 21	901
Intersección 6	652	Intersección 22	831
Intersección 7	649	Intersección 23	770
Intersección 8	1316	Intersección 24	851
Intersección 9	1292	Intersección 25	719
Intersección 10	1314	Intersección 26	722
Intersección 11	1194	Intersección 27	671
Intersección 12	1112	Intersección 28	752
Intersección 13	980	Intersección 29	1662
Intersección 14	1118	Intersección 30	1347
Intersección 15	1368	Intersección 31	1198
Intersección 16	1119		

Fuente: Elaboración propia

El cálculo y análisis de la capacidad de cada intersección dependía mucho del acceso si es que tenía giro derecha o giro izquierda ya que existe factores de los mismo que disminuyen la capacidad y nivel de servicio, otro factor importante es el transporte pesado que circula por varias intersecciones que también al igual que los giros disminuyen la capacidad real del acceso en estudio. Se realizó el cálculo de la misma por el método HCM y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5.3 Resumen de la capacidad por intersección y acceso

Intersección	Calle	Capacidad (veh/hr)	Intersección	Calle	Capacidad (veh/hr)
Intersección 1	Tarija	1976	Intersección 18	Av. San Martín Sur	1930
	Av. Bolivia	2050		Av. San Martín Norte	1950
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	2200	Intersección 19	24 de Julio	722
	Av. Bolivia Norte	2178		Av. San Martín Norte	1500
Intersección 3	Yaguacua	977		Intersección 20	Av. San Martín Sur
	Av. Bolivia Sur	2194	Av. San Martín Sur		1790
	Av. Bolivia Norte	2161	Av. San Martín Norte	1870	
Intersección 4	Chorolque	1011	Intersección 21	21 de Enero	600
	Av. Bolivia Sur	2196		Av. San Martín Norte	1493
	Av. Bolivia Norte	2173	Intersección 22	Av. San Martín Norte	1841
Intersección 5	Hugo Salazar E.	1268		Av. San Martín Sur	1976
	Hugo Salazar O.	1548	Intersección 23	Chañares	840
	Av. Bolivia	2173		Av. San Martín Norte	1980
Intersección 6	Jacinto del fin I	1000	Intersección 24	Av. San Martín Sur	1920
	Av. Bolivia	600		Cornelio Ríos	988
Intersección 7	Hugo Salazar	1000	Intersección 25	Av. San Martín Norte	1988
	Av. Bolivia	600		Av. San Martín Sur	1916
Intersección 8	Av. San Martín Sur	2068	Intersección 26	Ceibos	988
	Av. San Martín Norte	2145		Av. San Martín Norte	1919
Intersección 9	Juan XXIII	1647		Intersección 27	Av. San Martín Sur
	Av. San Martín Norte	1400	Av. San Martín Norte		1948
	Av. San Martín Sur	1400	Av. San Martín Sur	1890	
Intersección 10	Av. San Martín Sur	1948	Intersección 28	Urundeles	1010
	Av. San Martín Norte	1978		Av. San Martín Norte	1918
Intersección 11	Gral. Campero	600	Intersección 29	Av. San Martín Sur	1898
	Av. San Martín Norte	1500		Arrayanes	1379
Intersección 12	Av. San Martín Sur	1800	Intersección 30	Av. San Martín Norte	1973
	Av. San Martín Norte	1840		Av. San Martín Sur	1828
Intersección 13	Crevaux	757	Intersección 29	Bernardino Bilbao	1191
	Av. San Martín Norte	2000		Av. San Martín Oeste	2156
	Av. San Martín Sur	2000		Av. San Martín Este	2200
Intersección 14	Av. San Martín Sur	1880	Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	1483
	Av. San Martín Norte	1920		Av. Santa Cruz Norte	1933
Intersección 15	Av. Delicias	785		Av. San Martín Oeste	1705
	Av. San Martín Norte	1915	Av. San Martín Este	1981	

	Av. San Martín Sur	1970	Intersección 31	Ballivian	1011
Intersección 16	Av. San Martín Sur	1950		Av. San Martín Oeste	2200
	Av. San Martín Norte	2000		Av. San Martín Este	2190
Intersección 17	27 de Mayo	721			
	Av. San Martín Norte	2050			
	Av. San Martín Sur	2050			

Fuente: Elaboración propia

En el cálculo del nivel de servicio se utilizó el método HCM el cual para su cálculo dependió mucho de la capacidad encontrada anteriormente, con la relación de el volumen sacado del ábaco de capacidad ideal y la capacidad de obtuvo los siguientes niveles de servicio por intersecciones y accesos:

Tabla 5.4 Resumen del nivel de servicio por intersección y acceso

Intersección	Calle	Nivel de Servicio	Intersección	Calle	Nivel de Servicio
Intersección 1	Tarija	B	Intersección 18	Av. San Martín Sur	C
	Av. Bolivia	C		Av. San Martín Norte	C
Intersección 2	Av. Bolivia Sur	B	Intersección 19	24 de Julio	C
	Av. Bolivia Norte	C		Av. San Martín Norte	D
Intersección 3	Yaguacua	A		Av. San Martín Sur	D
	Av. Bolivia Sur	C	Intersección 20	Av. San Martín Sur	D
	Av. Bolivia Norte	B		Av. San Martín Norte	C
Intersección 4	Chorolque	B	Intersección 21	21 de Enero	B
	Av. Bolivia Sur	B		Av. San Martín Norte	C
	Av. Bolivia Norte	C	Intersección 22	Av. San Martín Norte	C
Intersección 5	Hugo Salazar E.	A		Av. San Martín Sur	C
	Hugo Salazar O.	E	Intersección 23	Chañares	B
	Av. Bolivia	C		Av. San Martín Norte	B
Intersección 6	Jacinto del fin I	B	Intersección 24	Av. San Martín Sur	B
	Av. Bolivia	F		Cornelio Ríos	B
Intersección 7	Hugo Salazar	B	Intersección 25	Av. San Martín Norte	B
	Av. Bolivia	F		Av. San Martín Sur	B
Intersección 8	Av. San Martín Sur	D	Intersección 25	Ceibos	A
	Av. San Martín Norte	C		Av. San Martín Norte	B
Intersección 9	Juan XXIII	C		Av. San Martín Sur	B

	Av. San Martín Norte	D	Intersección 26	Av. San Martín Norte	B
	Av. San Martín Sur	D		Av. San Martín Sur	B
Intersección 10	Av. San Martín Sur	D	Intersección 27	Urundeles	A
	Av. San Martín Norte	D		Av. San Martín Norte	B
Intersección 11	Gral. Campero	F		Av. San Martín Sur	B
	Av. San Martín Norte	C	Intersección 28	Arrayanes	A
Intersección 12	Av. San Martín Sur	D		Av. San Martín Norte	B
	Av. San Martín Norte	C		Av. San Martín Sur	B
Intersección 13	Crevaux	B	Intersección 29	Bernardino Bilbao	C
	Av. San Martín Norte	C		Av. San Martín Oeste	D
	Av. San Martín Sur	C		Av. San Martín Este	D
Intersección 14	Av. San Martín Sur	D	Intersección 30	Av. Santa Cruz Sur	C
	Av. San Martín Norte	C		Av. Santa Cruz Norte	A
Intersección 15	Av. Delicias	C		Av. San Martín Oeste	D
	Av. San Martín Norte	C		Av. San Martín Este	B
	Av. San Martín Sur	D	Intersección 31	Ballivian	C
Intersección 16	Av. San Martín Sur	D		Av. San Martín Oeste	C
	Av. San Martín Norte	C		Av. San Martín Este	B
Intersección 17	27 de Mayo	B			
	Av. San Martín Norte	C			
	Av. San Martín Sur	C			

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los niveles de servicios encontrados y analizados se llegó a determinar que existen 3 puntos críticos que tiene un nivel de servicio F, estos tres accesos tienen en común que son solamente de giro izquierda por lo que al realizar la maniobra los vehículos reducen la velocidad y generan congestión. Los accesos críticos son: av. Bolivia de la intersección 6, av. Bolivia de la intersección 11 y la calle Campero de la intersección 7.

Se utilizó en tramos críticos el método de vías ininterrumpidas debido a que la avenida es tomada como parte de una ruta internacional que conecta con el país de Argentina en lo cual se pudo determinar que el comportamiento en vías ininterrumpidas sus capacidades

de las intersecciones tomadas son mayores a las de interrumpidas. En el nivel de servicio los resultados se aproximan mucho en ambos métodos.

Tabla 5.5 Comparación de la capacidad en vías ininterrumpidas con vías interrumpidas

Capacidad		Vías Ininterrumpidas	Vías interrumpidas
Intersección		Capacidad real veh/hr	Capacidad real veh/hr
1	Intersección 3 calle Yaguacua	2482	2194
2	Intersección 4 calle Chorolque	2712	2196
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	2512	2173
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	2536	2145
5	Intersección 10 calle San Pedro	2740	1978
6	Intersección 15 Av. las Delicias	2597	1970
7	Intersección 16 calle Independencia	2625	2000
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	2655	1500
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	2655	1870
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	2817	2200
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	2480	1981
12	Intersección 31 calle Ballivian	2663	2200

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.6 Comparación del nivel de servicio en vías ininterrumpidas con vías interrumpidas

Nivel de Servicio		Vías Ininterrumpidas	Vías interrumpidas
Intersección		Nivel de Servicio	Nivel de Servicio
1	Intersección 3 calle Yaguacua	Nivel de servicio E	Nivel de servicio C
2	Intersección 4 calle Chorolque	Nivel de servicio D	Nivel de servicio C
3	Intersección 5 calle Hugo Salazar	Nivel de servicio E	Nivel de servicio C
4	Intersección 8 calle Jacinto del fin	Nivel de servicio D	Nivel de servicio C
5	Intersección 10 calle San Pedro	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
6	Intersección 15 Av. las Delicias	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
7	Intersección 16 calle Independencia	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
8	Intersección 19 calle 24 de Julio	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
9	Intersección 20 calle 10 de Noviembre	Nivel de servicio E	Nivel de servicio D
10	Intersección 29 calle Bernardino Bilbao	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
11	Intersección 30 Av. Santa Cruz	Nivel de servicio D	Nivel de servicio D
12	Intersección 31 calle Ballivian	Nivel de servicio D	Nivel de servicio C

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo de los tiempos de semáforos para intersecciones con y sin semáforos y se comparó con los tiempos de las intersecciones que tiene actualmente semáforo, se hizo un análisis y los tiempos concordaban, pero también se determinó que intersecciones que no cuentan con semáforos necesitan o no la implementación de los mismos.

Tabla 5.7 Resumen de la implementación o no de semáforos en cada intersección

Tipo	Intersección	Calle	Observación
Semáforo tipo I	Intersección 9	Juan XXIII	Requiere semáforo
	Intersección 13	Crevaux	No requiere semáforo
	Intersección 17	27 de Mayo	No requiere semáforo
	Intersección 19	24 de Julio	Requiere semáforo
	Intersección 30	Ballivian	Requiere semáforo
	Intersección 25	Ceibos	No requiere semáforo
	Intersección 27	Urundeles	No requiere semáforo
Semáforo tipo II	Intersección 7	Hugo Salazar	Requiere semáforo
	Intersección 6	Jacinto del fin I	Requiere semáforo
	Intersección 11	Gral. Campero	Requiere semáforo
	Intersección 21	21 de Enero	No requiere semáforo
	Intersección 23	Chañares	Requiere semáforo
Semáforo tipo III	Intersección 8	Jacinto del Fin	Requiere semáforo
	Intersección 10	San Pedro	Requiere semáforo
	Intersección 12	Sucre	Requiere semáforo
	Intersección 14	Cochabamba	Requiere semáforo
	Intersección 16	Independencia	Requiere semáforo
	Intersección 18	Tassakis	Requiere semáforo
	Intersección 20	10 de Noviembre	Requiere semáforo
	Intersección 26	Robles	No requiere semáforo
	Intersección 22	Méndez	No requiere semáforo
Semáforo tipo IV	Intersección 5	Hugo Salazar I	Requiere semáforo
	Intersección 15	Av. Delicias	Requiere semáforo
	Intersección 3	Yaguacua	No requiere semáforo
	Intersección 4	Chorolque	No requiere semáforo
	Intersección 24	Cornelio Ríos	No requiere semáforo
Semáforo tipo V	Intersección 31	Bernardino Bilbao	Requiere semáforo
	Intersección 29	Av. Santa Cruz	Requiere semáforo
	Intersección 28	Arrayanes	No requiere semáforo
Semáforo tipo VI	Intersección 1	Tarija	No requiere semáforo
	Intersección 2	Uyuni	No requiere semáforo

Fuente: Elaboración propia

Para las intersecciones con semáforo se realizó el cálculo para poder comparar los tiempos de ciclos y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5.8 Comparación de los tiempos reales con los calculados en intersecciones con semáforos

N°	Nombre	Tiempos reales		Tiempos calculados	
		Tiempo verde (s)	Tiempo de ciclo (s)	Tiempo verde (s)	Tiempo de ciclo (s)
Intersección 7	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	25	50	41	63
Intersección 7a	Av. San Martín esq. Hugo Salazar	17	50	12	63
Intersección 9	Av. San Martín esq. Juan XXIII	25	50	23	57
Intersección 9a	Av. San Martín esq. Juan XXIII	17	50	23	57
Intersección 10	Av. San Martín esq. San Pedro	25	50	25	62
Intersección 10a	Av. San Martín esq. San Pedro	17	50	27	62
Intersección 11	Av. San Martín esq. Gral. Campero	21	50	41	78
Intersección 11a	Av. San Martín esq. Gral. Campero	21	50	27	78
Intersección 12	Av. San Martín esq. Sucre	20	46	19	56
Intersección 12a	Av. San Martín esq. Sucre	20	46	25	56

Fuente: Elaboración propia

Se planteó varias alternativas de solución como ser la restricción de los vehículos pesados a determinadas horas de bajo tráfico vehicular, el reordenamiento de los vehículos en zona con menor intensidad, implementación de semáforos y señalización necesaria en cada intersección.

Unas de las alternativas de solución para el tránsito pesado que se propone es el ingreso de los vehículos pesados a determinadas horas que son de menor flujo vehicular, de 06:00 am hasta las 07:00 am, 13:00 pm a 14:00 pm y de 22:00 a 23:00 pm. Mientras que para los buses que acceden a la terminal el horario de ingreso y salida serán de 06:00 am hasta las

08:00 am con fines de que puedan llegar y al mismo tiempo descargar sus encomiendas, y en la tarde noche desde las 19:00 pm hasta las 22:00 pm.

Implementación de hitos viales para un mayor uso de los carriles y al mismo tiempo evitar el estacionamiento en zonas prohibidas, luego del análisis realizado en base a las zonas de mayor demanda de uso del tráfico y donde más congestión existe se determinó la implementación de los mismos a los siguientes tramos:

Tabla 5.9 Implementación de los hitos viales en tramos de alta demanda.

Intersección 8	Jacinto del Fin	a	Intersección 9	Juan XXIII
Intersección 9	Juan XXIII	a	Intersección 10	San Pedro
Intersección 10	San Pedro	a	Intersección 11	Gral. Campero
Intersección 19	24 de Julio	a	Intersección 20	10 de Noviembre
Intersección 20	10 de Noviembre	a	Intersección 21	21 de Enero
Intersección 30	Ballivian	a	Intersección 31	Bernardino Bilbao
Intersección 15	Av. Delicias	a	Intersección 16	Independencia

Fuente: Elaboración propia

Se propuso un mejoramiento en la señalización tanto vertical como horizontal en todas las intersecciones estudiadas, esta propuesta se adjunta en los planos de señalización y semaforización.

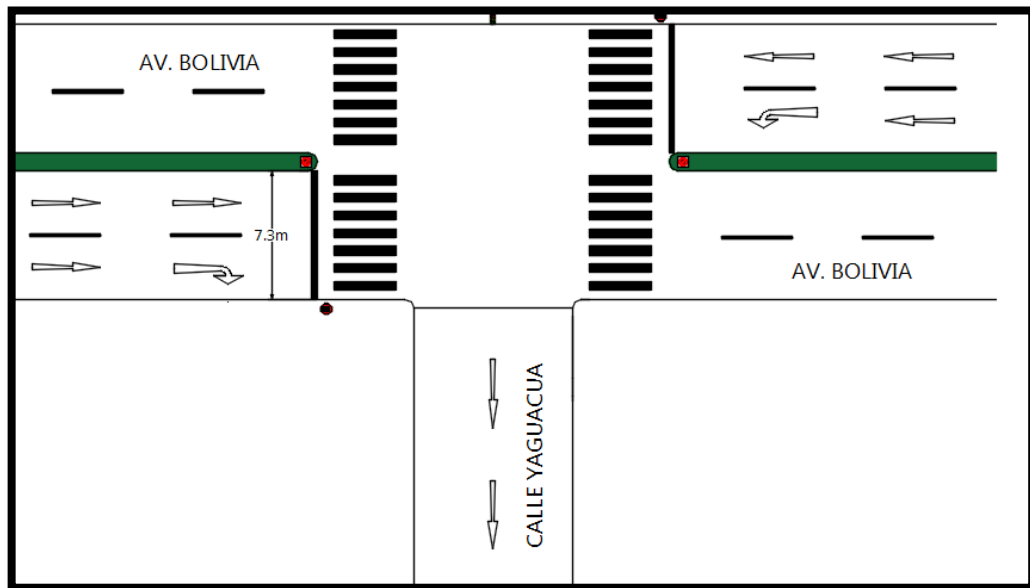
Se determinó las zonas de mayor demanda para el estacionamiento donde luego de un análisis se obtuvo la demanda y la oferta y en base a ello se propuso nuevas zonas de estacionamiento, la ubicación de los mismos se puede apreciar en los planos de estacionamientos propuestos por zona.

Para 3 intersecciones se propuso readecuar los ingresos y salida los cuales son:

Intersección 3, acceso 3 calle Yaguacua. La calle Yaguacua actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone que el acceso 3 sea

exclusivamente de salida de vehículos de la intersección debido que existe accesos de entrada con dirección sur y como prevención de que puede existir accidentes al ingreso de la avenida.

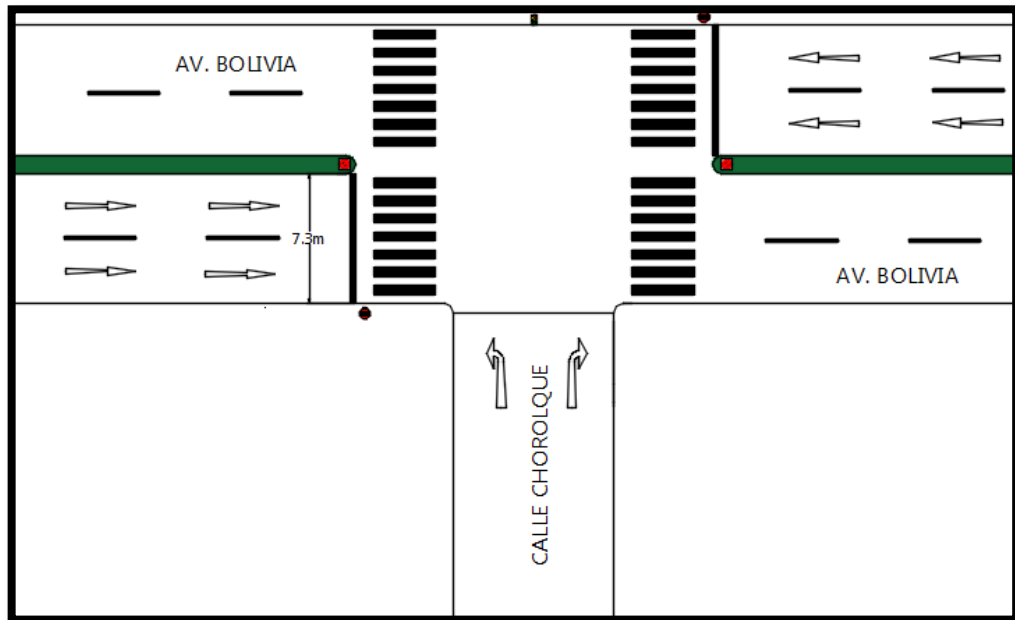
Figura 5.1 Cambio de sentido en el acceso 3 de la intersección 3



Fuente: Elaboración propia

Intersección 4, acceso 3 calle Chorolque. La calle Chorolque actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone que el acceso 3 sea exclusivamente de entrada de vehículos con giro a la derecha e izquierda a la intersección debido que existe accesos de salida con dirección norte y como prevención de que puede existir accidentes en la intersección.

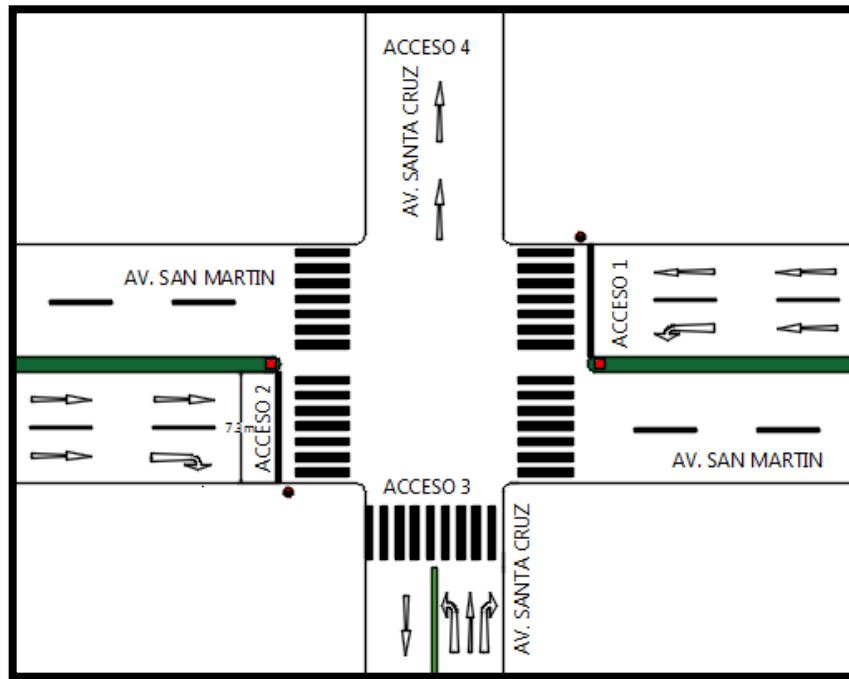
Figura 5.2 Cambio de sentido en el acceso 3 de la intersección 4



Fuente: Elaboración propia

Intersección 29, acceso 4 av. Santa Cruz. La avenida Santa Cruz con acceso del norte a la intersección es una entrada y salida no determinará, a diferencia de los otros accesos a la intersección este acceso no está asfaltado y el uso de vehículos en este tramo es mínimo a comparación de la avenida principal, actualmente no tiene un sentido de ingreso o de salida de vehículos por lo que se propone que el acceso 4 sea exclusivamente de salida de vehículos de la intersección y como prevención de que pueda existir accidentes en la misma.

Figura 5.3 Cambio de sentido en el acceso 4 de la intersección 29



Fuente: Elaboración propia

5.2 RECOMENDACIONES

En base a la evaluación realizada en la avenida San Martín y parte de la avenida Bolivia se recomienda lo siguiente:

Es necesario implementar un sistema de control de tráfico como ser el semáforo en las intersecciones 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 29, 30 y 31 debido a que presentan densidades altas y los mayores perjudicados son los vehículos que tienen que dar algún giro, las intersecciones que cuentan actualmente con semáforos se recomienda mantener sus respectivos tiempos de ciclo. Mientras que las demás intersecciones al presentar densidades bajas en las horas picos a comparación de otras intersecciones solo será necesario realizar la implementación de señales verticales como horizontales.

Es recomendable realizar este tipo de estudios frecuentemente para poder actualizar y estar pendiente del crecimiento vehicular que presenta una ciudad, la cual va de la mano de la economía y las políticas tomadas para esta área, debido a la falta de estos estudios y evaluaciones al tráfico vehicular existen calles y avenidas que se generan congestión y al solo implementar semáforos en esas intersecciones sin un debido análisis se estaría cometiendo un error como en las mayorías de los casos, debido a que cada intersección presenta características diferentes como ser el comercio, colegios, terminales, mercados, etc. Como también el número de accesos que existen y los giros que presentan.

Las alternativas de soluciones presentadas y los análisis realizados tienen por objeto mostrar las características del tráfico en intersección, las mismas pueden ser utilizadas como base para mejorar las condiciones del tráfico vehicular en la zona.

