

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El tráfico vehicular es un problema que afecta en la ciudad de Yacuiba, debido a que zonas específicas sufren de un tráfico vehicular alto como en el caso del tramo Yacuiba –Pocitos que mayormente es concurrido por el transporte pesado, cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía supera su capacidad de soportar una circulación fluida del tráfico vehicular se produce congestionamiento lo cual se produce en dicho tramo.

De acuerdo Orellana (2011), en su investigación propone un reordenamiento vehicular en San José de Pocitos, señala de un fuerte tráfico del transporte pesado en horas de la noche y se puede notar en el recorrido de las calles autorizadas que esta no tiene un ancho de calzada aceptable que permita la circulación de ambos sentido y más aún si este se ve reducido por los comerciante que sobresalen de la acera, el lugar de mayor de concentración de comerciantes y vehículos pesados estacionado en periodo largos es el puente internacional.

Con este estudio se dará a proponer alternativas a uno de los problemas diarios que más aqueja y amenaza la calidad de circulación en el tramo de Yacuiba a Pocito, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por el área de influencia de estudio, mejorando en el proceso y las vías de desarrollo de la ciudad para mejorar la calidad de vida de la población.

También podemos rescatar la importancia que tiene este estudio por ser un documento importante acerca de la relación entre el congestionamiento y los parámetros que lo originan, el mismo que servirá como una guía de consulta para estudios posteriores para posibles mejoras o nuevos diseños de ingeniería y aplicaciones de carácter práctico, de manera que ofrecerá beneficios tanto académicos como sociales determinando mediante la aplicación práctica la determinación de sus parámetros de estudio como ser velocidades, volúmenes, intensidad de tráfico y otros parámetros que nos ayudarán a obtener el estado actual del tráfico vehicular en esa zona.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los vehículos pesados por su característica de dimensiones y carga que transporta, genera bajas velocidades y problema de movilidad, ocasionando un tránsito denso en determinadas horas, este conjunto de factores son determinantes para establecer las condiciones del flujo adentro del estudio.

En la actualidad el congestionamiento es debido al alto volumen de vehículos pesados, llegando a ser un problema en el tramo estudiado, es difícil una buena circulación de tránsito vehicular, haciendo difícil poder transitarla con velocidades adecuadas para carreteras, ocasionando en ellas una serie de problemas como ser accidentes, flujo inestable y capacidades rebasadas, y no es excepción en la carretera de “Yacuiba - Pocitos” en la cual se presentan muchos de estos problemas a diario.

La evaluación del tráfico vehicular pesado del tramo Yacuiba-Pocitos, mediante una evaluación de volumen podrá definir la calidad y condiciones actuales de flujo vehicular y en un futuro optimizar el tránsito del tramo.

El tráfico o tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una determinada vía. La ingeniería de tráfico tiene como objetivo fundamental lograr flujo de tráfico eficiente para optimizar el uso de infraestructura vial en base a estudio y evaluación previa.

1.2.1 Problema

¿Cómo la evaluación del tráfico vehicular de transporte pesado afecta el volumen y velocidad, para el mejoramiento del congestionamiento en el tramo Yacuiba-Pocitos?

1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema

El aporte del presente estudio de aplicación brinda una información fundamental para el tráfico que genera el transporte pesado en el tramo de estudio, cuyos resultados definen los parámetros reales obtenidos en el tramo y el comportamiento de las intersecciones más críticas; con este trabajo es mucho más eficiente y más sencilla la toma de decisiones, las medidas y acciones para solucionar y mejorar la calidad del

tránsito en la ciudad de Yacuiba. El proyecto de aplicación es factible desde todo punto de vista de la ingeniería del tráfico. La información de campo cuyos parámetros fueron recopilados por el proyectista y el personal de apoyo tales como ser el aforo del tránsito vehicular, medición promedio de velocidad de los vehículos en la vía, y por ultimo las características geométricas del tramo como ser ancho de vía tal información y parámetros en ningún momento pusieron en riesgo la factibilidad del proyecto.

1.2.3 Delimitación temporal y espacial de la investigación

La aplicación del estudio comprende el tramo Yacuiba-Pocitos, lo cual es una doble vía de ingreso y salida; este tramo recorre 3.00 km de vía aproximadamente donde se realizó la intervención del proyectista y sus colaboradores en las intersecciones críticas para el conteo vehicular y la obtención de datos. El proceso de conteo vehicular se realizó bajo la normativa AASTHO, el cual indica que se debe hacer primero un estudio de las horas pico del tráfico vehicular, producto del aforo continuo de un día completo. El trabajo de gabinete más extenso, mayor tiempo se tomó en el conteo de las planillas de aforo para su posterior proceso probabilístico y selección de datos con la confiabilidad requerida, para la obtención de los parámetros fundamentales de la ingeniería del tráfico y para luego, la verificación y la obtención de los resultados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las condiciones actuales en las que está inmerso el tráfico en la ciudad de Yacuiba en específico del transporte pesado del tramo Yacuiba- Pocitos, nos amerita realizar acciones preventivas y correctivas a objeto de no llegar a un caos que a futuro podría presentarse donde las soluciones pueden ser más costosas.

Para un análisis más concreto y preciso, se utilizará el método de aforo manual que consiste en la obtención de datos de volúmenes de tránsito. A través de planillas de conteo de vehículos según sus características, por los manuales de vías urbanas HCM y AASTHO.

Por el surge la necesidad de contar con estimaciones de los volúmenes de tráfico vehicular proyectado lo más próximo a los que se darán en la realidad, de tal manera que se puedan construir mejoras de mayor calidad técnico/económicas. Ante esta situación el estudio que se pretende realizar es evaluar el volumen de tráfico pesado en tramo de estudio, mediante aforos en los puntos más críticos, para así brindar seguridad, un mejor nivel de servicio a los usuarios de la vía, tanto conductores y peatones, pero sobre todo se pretende mejorar las condiciones de tránsito pesado, para cumplir con las normas establecidas del transporte pesado de la ciudad de Yacuiba.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el flujo del Tráfico vehicular pesado, mediante aforos manuales en el Tramo “Yacuiba – Pocitos”, de tal manera se puedan establecer propuestas que permita mejorar en la circulación del tráfico vehicular en la zona de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los puntos de aforo en el tramo de estudio.
- Mediante métodos estadísticos evaluar las horas pico del área de estudio.
- Realización de aforos manuales de volumen en todos puntos citado.
- Determinar la capacidad y el nivel de servicio del flujo de vehículos pesados.
- Elaborar propuestas de solución al tráfico vehicular pesado.

1.5 HIPÓTESIS

Si, se realiza una evaluación del tráfico vehicular pesado que circula por el tramo “Yacuiba – Pocitos” se realizará un análisis de volumen, velocidad y otros parámetros que ayudaran a determinar el estado actual del flujo vehicular pesado que circula por dicho tramo, en base a los resultados se podrá determinar alternativas que ayudarán a brindar una mejor circulación al flujo vehicular pesado y a los demás vehículos que circulan por el tramo estudiado.

1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1.6.1 Variables independientes

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Valor/Acción
La evaluación del tráfico vehicular pesado	Es el fenómeno causado por el flujo de los vehículos pesados por una, calle o autopista.	Flujo vehicular	Practico	Campo
			Teórico	Comprobación Fundamentada

Fuente: elaboración propia

1.6.2 Variables dependientes

Tabla 2. Operacionalización de las variables dependientes

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Valor/acción
Volumen	Se refiere el número de vehículo que circula en una zona	Volumen de vehículos	Vehículos pesados	Bajo
				Medio
				Alto
Velocidad	Se refiere al número al de vehículo que circula por una determinada calle o carretera por unidad de tiempo	Velocidad de circulación	Vehículos pesados	Diseño
				calculado
Capacidad y Nivel de Servicio	En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito.	Cantidad de vehículos en tiempo determinado	Vehículos pesados	Tráfico total

Fuente: Elaboración propia

1.7 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

Mediante el estudio se definirá un tipo de investigación descriptiva, para dar alternativas de solución al problema que se lleva a cabo en la ciudad de Yacuiba.

1.8 UNIDAD DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRA

1.8.1 Unidad de estudio

-Tráfico Vehicular

1.8.2 Población

-Tráfico Vehicular Pesado

1.8.3 Muestra

-Evaluación Tráfico Vehicular Pesado tramo “Yacuiba – Pocitos”

1.9 MÉTODOS Y TÉCNICA EMPLEADA

1.9.1 Métodos seleccionados

La metodología en la cual se basará esta investigación será en el método deductivo-inductivo y el estadístico ya que éstos son los que más se adecúan al planteamiento de lo que se quiere estudiar. El método que se realizará será basado en la norma AASTHO que consiste en aforar volúmenes, en dos días hábiles y un día inhábil durante un mes en el horario pico.

1.9.2 Técnicas empleadas

Mediciones y aforos de tipo experimental (Trabajo de Campo en este punto se aplica la técnica de aforo manual para ello es necesario contar con la información necesaria de la zona de estudio por lo que tenemos un plano del área específico donde fijaremos puntos claves para luego realizar los aforos de forma ordenada y correcta).

Las técnicas que se emplearán para obtener la información necesaria para desarrollar el tema serán las siguientes:

- Recuento manual, Aforo de tráfico mediante el uso de planillas de conteo.

El conteo manual es un método para obtener datos de volumen de tráfico por una persona como aforador de tráfico. El método manual permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, y otras características. Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto. Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.

- Medios

Se utilizará un cronometro y reloj, se dispone de una planilla que tenga todas las características y todos los datos necesarios para realizar un buen aforo de vehículos de forma clara, sencilla y para ello es necesario contar con una tabla de apoyo. El bolígrafo para realizar las anotaciones de los datos necesarios.

Computadora, es importante, sustancial para procesar los datos que se obtendrán especialmente utilizando la herramienta el Excel sobre todo la hoja de cálculo y las gráficas para su mejor interpretación y el análisis de sus resultados.

1.10 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1.10.1 Análisis estadístico

- Media aritmética

Media, número calculado mediante ciertas operaciones a partir de los elementos de un conjunto de números, $x_1, x_2, \dots, x_n$, y que sirve para representar la media o promedio de las observaciones.

$$x = \frac{\sum x_i}{n}$$

En estadística, la media es una medida de centralización. Se llama media de una distribución estadística a la media aritmética de los valores de las distintas observaciones que lo componen.

- Desviación estándar o típica

Desviación estándar, en estadística, una de las medidas de dispersión. Representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio. Se calcula a partir de todas las desviaciones individuales con respecto a la media. Las desviaciones son las diferencias con respecto a la media. No se puede utilizar una media simple de las desviaciones, porque automáticamente se obtendría un valor de cero (los valores positivos y negativos se cancelan entre sí), y ésta es la razón por la que se recurre a un método más complejo.

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

- Moda

La moda sirve para definir una distribución estadística, ya que el valor más repetido suele estar por el centro de la distribución. La moda también se puede decir moda estadística o valor modal. Asimismo, cuando los datos están agrupados en intervalos, el intervalo más repetido es el intervalo modal o clase modal.

$$Mo = LI + \frac{f_m - f_{(m-1)}}{2 * f_m - f_{(m-1)} - f_{(m+1)}} * A$$

La moda es el dato de mayor frecuencia, así que si quieres calcularlo solo debes fijarte del dato que más se repite entre todos.

- Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos con respecto a su media. Formalmente, se calcula como la suma de los cuadrados de los residuos dividida por las observaciones totales.

$$S = \frac{\sum (X_i - X)^2 * f_i}{n}$$

- Coeficiente de varianza

El coeficiente de variación, también denominado como coeficiente de variación de Pearson, es una medida estadística que nos informa acerca de la dispersión relativa de un conjunto de datos.

$$CV = \frac{S}{X}$$

- Límite de varianza

El teorema central del límite (TCL) es una teoría estadística que establece que, dada una muestra aleatoria suficientemente grande de la población, la distribución de las medias muestrales seguirá una distribución normal.

$$LC = X \pm (t * S_x)$$

1.11 ALCANCE

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración de la evaluación del volumen de tráfico pesado son los referido a la toma de datos de aforo para establecer las condiciones de tránsito vehicular, capacidad y nivel de servicio en el tramo estudiado.

Se hará la medición de los parámetros del tráfico de la velocidad, volúmenes de tráfico pesado; en la velocidad haremos la medición en campo de la velocidad de punto, en los volúmenes de tráfico pesado se tomará los datos de aforos que nos podrán servir para poder hacer el respectivo cálculo de todos los parámetros de la ingeniería de tráfico como velocidad de punto, volúmenes de tráfico, capacidad, niveles de servicio. Finalmente se dará a conocer todas las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos por el análisis y/o evaluación del transporte pesado.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DEL TRAFICO VEHICULAR PESADO

2.1. INGENIERÍA DE TRAFICO

Es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación segura y eficiente, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte motorizado y no motorizado.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.2 ELEMENTO DEL TRAFICO

2.2.1 Vías

Se entiende por vía, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad. El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversa. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.2.1.1 Clasificación de las vías

Las vías se clasifican desde diferentes puntos de estudio, los cuales hacen referencia a continuación:

Según su competencia

- Carreteras nacionales, son aquellas a cargo del servicio nacional de caminos.
- Carreteras departamentales, son aquellas de propiedad de los departamentos y forman la red secundaria de carreteras.
- Carreteras veredales o vecinales, son aquellas vías a cargo del servicio de caminos vecinales y forman la red terciaria de carreteras.
- Carreteras distritales y municipales, son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del distrito o municipio.(Cárdenas, 2013)

Según sus características

- Autopistas, son vías de calzadas separadas cada una con dos o más carriles, con control total de accesos. Las entradas y salidas de las autopistas se realizan únicamente a través de intersecciones a desnivel comúnmente llamados distribuidores.
- Carreteras multicarriles, son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido, con control parcial de accesos. Las entradas y salidas se realizan a través de intersecciones a desnivel y a nivel.
- Carreteras de dos carriles, constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.(Cárdenas, 2013)

Según el tipo de terreno

- Carreteras en terreno plano, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.
- Carreteras en terreno ondulado, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo.
- Carreteras en terreno montañoso, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.
- Carreteras en terreno escarpado, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.(Cárdenas, 2013)

Según su función

- Carreteras principales o de primer orden, son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a capitales de departamento, que cumplen la función básica de integrar las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países.
- Carreteras secundarias o de segundo orden, son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal.
- Carreteras terciarias o de tercer orden, son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas entre sí. (Cardenas, 2013)

Según la velocidad de diseño

La velocidad de diseño o velocidad de proyecto se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables y que las características geométricas de la vía gobiernan la circulación. La velocidad de diseño define las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de control y seguridad. En la siguiente tabla se establecen los rangos de las velocidades de diseño que se debe utilizar en función del tipo de carretera según la definición legal y el tipo de terreno. (J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

Tabla 3. Clasificación de carreteras según la velocidad de diseño

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

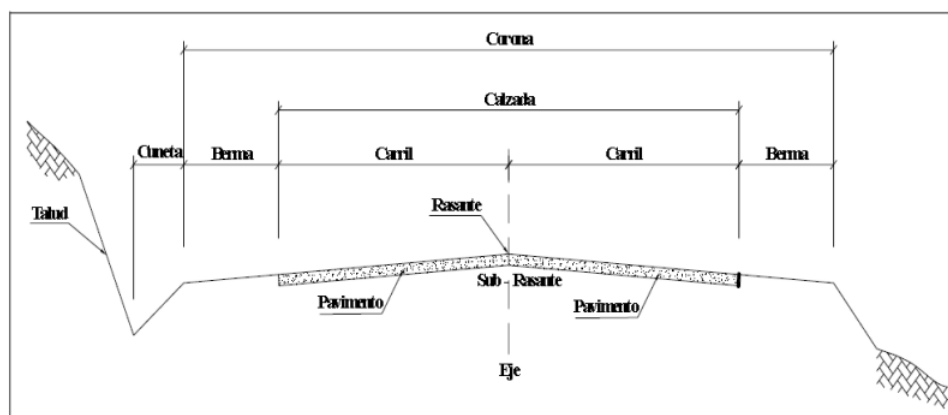
Fuente: Universidad Mayor de San Simón (2006), Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico: Características del tránsito, Cochabamba Bolivia

2.2.1.2 Partes integrantes de una vía

- Calzada o superficie de rodamiento: Es aquella faja acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.
- Carril: Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.
- Acotamientos o bermas: Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente puede usarse como estacionamiento provisional para alojar vehículos en caso de emergencia.
- Corona: Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre los hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.
- Hombro: Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o el talud interior de la cuneta con la corona.

- Cunetas: Van paralelamente a los acotamientos, destinadas a facilitar el drenaje superficie longitudinal de la carretera. Contra cunetas o zanjas de coronamiento: Puede existir en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.
- Taludes: Son las superficies laterales inclinadas, comprendidas entre las cunetas y el terreno natural. ‘
- Drenaje transversal: Está formado por las alcantarillas y estructuras mayores, por ejemplo, los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.
- Rasante: Como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.
- Subrasante: Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento
- Pavimento: Es la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permitan un tránsito rápido, eficiente y sin polvo. (J. Tapia & Veizaga, 2006)

Figura 1. Partes integrantes de una vía



Fuente: Universidad Mayor de San Simón (2006), Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico: Características del tránsito, Cochabamba Bolivia

2.2.2 Vehículo

En nuestras vías se observan diferentes variedades de vehículos, conforme pasa el tiempo los vehículos que se fabrican varían en sus características que son su peso, dimensiones, maniobrabilidad y la velocidad que tienen como también el número de vehículos que van aumentando cada día es considerable, esto se debe a la tecnología que el hombre ha ido avanzando. Siendo el vehículo uno de los tres factores primordiales del tráfico, se hace necesario estudiarlo con todo detalle. (J. Tapia & Veizaga, 2006)

2.2.2.1 Clasificación oficial según la ABC (Administradora Boliviana de Carretera)

Los tipos de vehículos en Bolivia responden a la clasificación vehicular de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) son:

Tabla 4. Clasificación de vehículos según la ABC

Código	Tipo de vehículo	Figura
1	Automóviles y vagoneta	
2	Camiones (hasta 2Tn)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	

B2	Buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones medianos (de 2,5 a 10,0 tn; de 2 ejes)	
C2	Camiones grandes (más de 10,0 tn; de 2 ejes)	
C3	Camiones grandes (más de 10,0 tn; de 3 ejes)	
CSR	Camiones semirremolque	
CR	Camiones remolque	

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2014).

2.2.3 Usuario

Los seres humanos, como usuarios de los diferentes medios de transporte, son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras, quienes deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de poder ser controlados y guiados en forma apropiada. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito, es con frecuencia, uno de los factores que establece sus características.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.2.3.1 Peatón

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad. En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto, se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.(J. Tapia & Veizaga, 2006)

2.2.3.2 Conductor

El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc. Se ha encontrado para el conductor un tiempo mínimo de reacción para actuar que se detallara a continuación: (J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

- Para un vehículo sin movimiento un tiempo promedio de 0.25 seg. por ejemplo, el tiempo de reacción para arrancar el vehículo cuando el semáforo cambia de rojo a verde.

- Para un vehículo sin movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.25 seg.
- Para un vehículo en movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.83 seg.
- En algunos casos podría llegar hasta 2 ó 3 seg.

Factores que pueden modificar las facultades del individuo en el tiempo de reacción.

- La fatiga.
- Las enfermedades o deficiencias físicas.
- El alcohol y las drogas.
- Su estado emocional.
- El clima.
- La época del año.
- Las condiciones del tiempo.
- La altura sobre el nivel del mar.
- El cambio del día a la noche y viceversa.

Características del conductor

Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que transmiten los sentidos, cuya información llegan al conductor a través de los ojos, oídos y terminales nerviosas. A continuación, citaremos las características más importantes del conductor: - Cono de agudeza visual, se refiere a la visión más nítida de una persona que está concentrada dentro de un cono con un ángulo central de alrededor de 3 grados respecto a la horizontal. La agudeza visual es razonablemente nítida dentro de un ángulo cónico de hasta 10 grados aproximadamente. - Visión periférica, se refiere a que una persona puede percibir objetos periféricos dentro de un cono con ángulo central de hasta 160 grados. - Información visual, se refiere a que el conductor mediante movimientos de la cabeza y los ojos aumenta la cantidad de información visual recibida. (J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

- Encandilamiento, se refiere a la visión del conductor en condiciones de encandilamiento.
- Sensibilidad visual a la luz y al color (daltonismo).
- La altura del ojo del conductor respecto a la superficie será de 1,14 metros.
- Percepción del espacio, es decir, que al divisar un obstáculo u objeto a velocidades altas la distancia de frenado será mayor.

2.3 FUNDAMENTALES FACTORES DEL TRAFICO

2.3.1 Volumen

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

- 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
- Tránsito en un período inferior a una hora (Q_i)
Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora. En este caso $t < 1$ hora y donde i , por lo general, representa el periodo en minutos.

2.3.1.1 Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < t < 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante t días. De acuerdo al número de días del período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día.

- Tránsito promedio diario anual (TPDA)

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

- Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

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

- Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

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

2.3.1.2 Volúmenes de tránsito horarios

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

- 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 8,760 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 períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

- Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH) Es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado, que es excedido por 9, 19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina volumen horario de la 10-ava, 20-ava y 30-ava hora de máximo volumen.

- Volumen horario de proyecto o diseño (VHP)

Es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda presentar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

2.3.2 Velocidad

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h). Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

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

Donde:

V=velocidad constante (km/h)

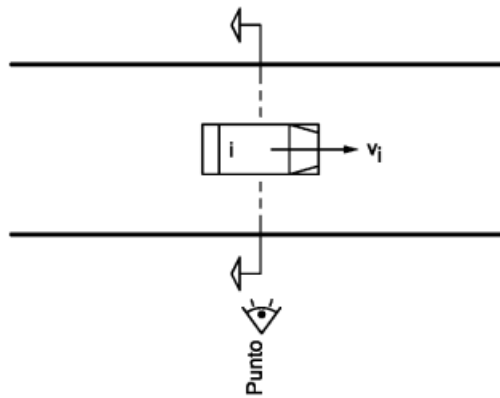
d= distancia recorrida (km)

t=tiempo de recorrido (h)

2.3.2.1 Velocidad de punto

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

Figura 2. Velocidad de un punto de vehículo

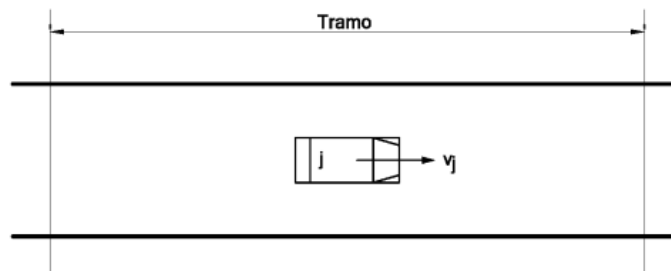


Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

2.3.2.2 Velocidad instantánea

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

Figura 3. Velocidad instantánea de un vehículo



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

2.3.2.3 Velocidad media temporal

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.3.2.4 Velocidad media espacial

Es la media aritmética de las velocidades instantáneas de todos los vehículos que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades instantáneas. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.3.3 Densidad

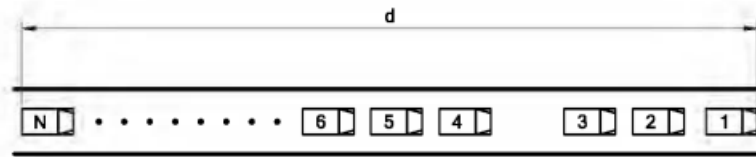
La densidad de tráfico es la cantidad de vehículos que en un instante dado se encuentran en una vía por unidad de longitud. La unidad de la densidad es expresada en (veh/km). La densidad puede alcanzar un valor máximo cuando todos los vehículos están parados en fila, sin huecos entre ellos. En estas condiciones a los vehículos les resultaría imposible moverse incluso a pequeña velocidad sin chocar unos con otros. La densidad de tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea y este se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras (cambios de carril, aceleraciones y frenados) lo que hace la conducción más incómoda. Si la densidad se acerca a su valor máximo, se circula muy lentamente con frecuentes paradas y arranques. Por ello la densidad se utiliza como variable definitoria del nivel de calidad de la circulación en una vía, al estudiar el nivel de servicio en ella.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.3.3.1 Medición de la densidad (k)

Es el número N , de vehículos que ocupan una longitud específica “ d ”, de una vialidad en un momento dado. Generalmente se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), ya sea referido a un carril o todos los carriles de una calzada.

$$K = \frac{N}{d}$$

Figura 4. Densidad o concentración



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

2.4 CONTEOS DE AFOROS VEHICULARES

El conteo o aforo vehicular es una forma de caracterizar el tránsito. Este procedimiento se debe realizar en días típicos (laborales, no laborales, festivos, fines de semana, etc.) En los cuales se puedan obtener resultados representativos para la caracterización del tránsito en la zona en estudio. El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:(J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

- Recuento automático
- Recuento manual

2.4.1 Recuento automático

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador. Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene. La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que ha sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados

o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD (transito promedio diario). (J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

2.4.2 Recuento manual

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiere de mucho más personal; como ser operadores o aforadores, en definitiva, representa un mayor presupuesto. Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos de corta duración o en forma periódica realizada en algunos tramos de carreteras importantes. Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.(J. G. Tapia & Veizaga, 2006)

2.5 AFORO DE VEHÍCULOS EN EL PROYECTO

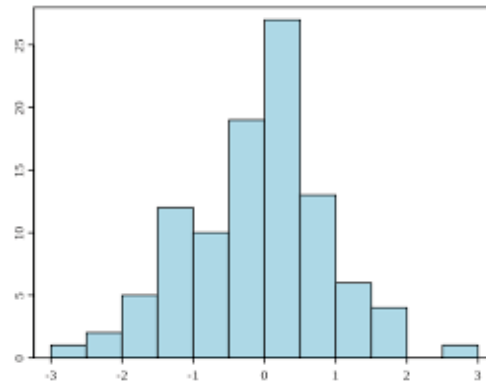
El proceso de conteo vehicular inicia con la selección de la metodología a seguir para conseguir los datos de campo bajo una normativa válida y reconocida tanto nacional como internacionalmente la normativa establece tanto para el transporte pesado y liviano, en este caso se presentan, la normativa AASHTO, que establece el conteo vehicular durante un mes completo únicamente dos días hábiles de la semana y un día de fin de semana solo en horarios pico.

2.5.1. Desarrollo de aforo

Para la identificación de los puntos de aforo se tomó en cuenta todos los puntos del tramo, haciendo un análisis de ir al tramo y viendo estudio de todas las intersecciones de las calles autorizadas para la circulación del transporte pesado. Teniendo un total de 15 intersección tanto de entrada como de salida con sus respectivos accesos.

Para la identificación de las horas pico propias del tramo, se vio la necesidad de generar un histograma de tráfico vehicular utilizando el volumen de vehículos vs hora, para lo cual se realizó el conteo de un día completo en uno de los puntos del tramo desde las 6:00 hasta las 21:00 rango en el cual se presentan más transporte pesado y liviano.

Figura 5. Histograma



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Se realizó el aforo vehicular en cada intersección en las horas pico tanto para el transporte pesado y liviano, con ayuda de una planilla y cronometro, teniendo en cuenta en cada intersección su acceso.

Figura 6. Planilla de aforo

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR																			
TRAMO DE LA CARRETERA										ESTACION									
SENTIDO										DIA									
UBICACIÓN										FECHA									
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	CAMIONETAS	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	4 E	5 E	6 E	7 E	8 E	9 E	10 E	11 E	12 E
7:00 am a 8:00 am																			
8:00 am a 9:00 am																			
9:00 am a 10:00 am																			
10:00 am a 11:00 am																			
11:00 am a 12:00 pm																			
12:00 pm a 1:00 pm																			
TOTALES																			

Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

2.5.2. Clasificación y características del vehículo de proyecto

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Los vehículos se clasifican en 2: (J. Tapia & Veizaga, 2006)

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

2.2.2.2 Vehículos ligeros de proyecto

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en: Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo. Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables. Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que la vuelta de camiones sea ocasional.(J. Tapia & Veizaga, 2006)

2.2.2.3 Vehículos pesados de proyecto

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en: Terminales de pasajeros y de cargas. Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.5. OTROS FACTORES DEL TRAFICO

2.5.1 Capacidad

En el estudio de la capacidad de calles y caminos el propósito que generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de una arteria.

Es poco frecuente el caso de querer determinar la capacidad de la vía. Se entiende por Capacidad el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente puede esperarse que pasen por un tramo de una carretera, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico. Por lo general la unidad de tiempo será una hora y al referirse a la capacidad, deben manifestarse las condiciones del camino y del tráfico a las cuales corresponde esa capacidad.

La Capacidad de un camino es tan variable como las variables físicas de la carretera. Por esta razón los análisis de capacidad de una carretera se consideran tomando diversas partes de la misma como un tramo recto, un tramo con curvas continuas, un tramo con pendientes elevadas, acceso a intersecciones, etc.(Gómez, 2004)

2.5.2. Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

El Manual de Capacidad Vial HCM 2010 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante:

- **Nivel de servicio A**

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 7. Nivel de servicio A



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

- **Nivel de servicio B**

Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 8. Nivel de servicio B



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

- **Nivel de servicio C**

Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.

La selección de la velocidad se ve influenciada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 9. Nivel de servicio C



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

- **Nivel de servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 10. Nivel de servicio D



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

- **Nivel de servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca del, del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y los cambios de carril se consiguen forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 11. Nivel de servicio E



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

- **Nivel de servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Figura 12. Nivel de servicio F



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Tabla 5. Descripción de los niveles de servicio

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

2.5.3 Estacionamiento

En relación con los vehículos, se conoce como estacionamiento al espacio físico donde se deja el vehículo por un tiempo indeterminado cualquiera. También se puede considerar estacionamiento al lugar o parte de la vía pública de un centro urbano destinada para aparcar todo tipo de vehículos.

El problema del estacionamiento de vehículos es muy importante en todos los centros urbanos. Gran parte del congestionamiento es causado por el estacionamiento inadecuado de vehículos.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

2.5.3.1 Estudio de estacionamiento

Cualquier vehículo que viaja en una carretera quiere contemporáneamente parquearse por un tiempo relativamente corto o un tiempo mucho más largo, dependiendo de la razón para el estacionamiento. La disposición de las instalaciones de estacionamientos es por lo tanto un elemento esencial del modo de transporte de la carretera.

Los estudios de estacionamiento por lo tanto se utilizan para determinar la demanda, la fuente de instalaciones del estacionamiento en un área, la proyección de la demanda, y opiniones de los varios grupos de interés en cuál es la mejor solución posible para el problema.(Gómez, 2004)

2.5.3.2 Tipos de estacionamientos

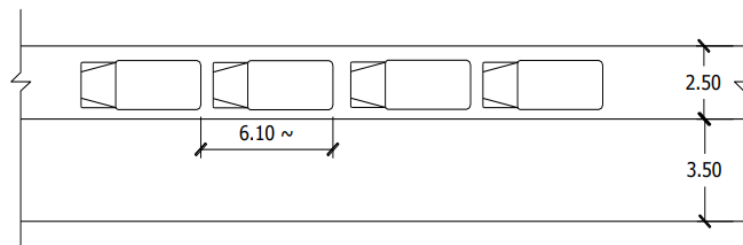
- Estacionamientos en la vía pública

Tradicionalmente los primeros estacionamientos que existieron fueron en las calles, en el espacio ubicado adyacente a las aceras, frente a las instalaciones comerciales, a los edificios de oficinas y frente a las viviendas, desvirtuando notablemente el propósito de las calles, que es la circulación y, desde luego, disminuyendo su capacidad, tanto por el espacio ocupado de estacionamiento como por los movimientos y maniobras para estacionarse.

Cuando se tienen volúmenes de tránsito importantes, o calles angostas, y en el caso de tener estacionamientos sobre la vía pública, se recomienda el estacionamiento en paralelo, ya que el estacionamiento en ángulo representa un mayor riesgo de accidentes por la falta de visibilidad, especialmente en la maniobra de salida. El estacionamiento en la vía pública puede ser libre o controlado.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

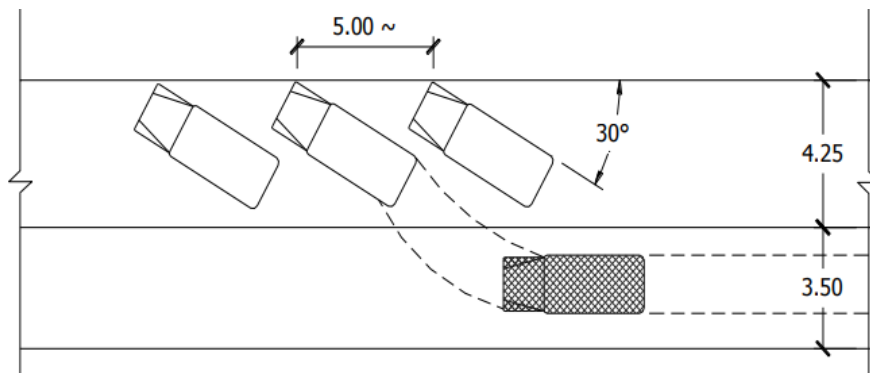
En las Figuras se muestran varios tipos de estacionamientos en la calle, desde la ubicación paralela o formando ángulo con ella (todas las medidas están expresadas en metros).

Figura 13. Estacionamiento paralelo a la calle



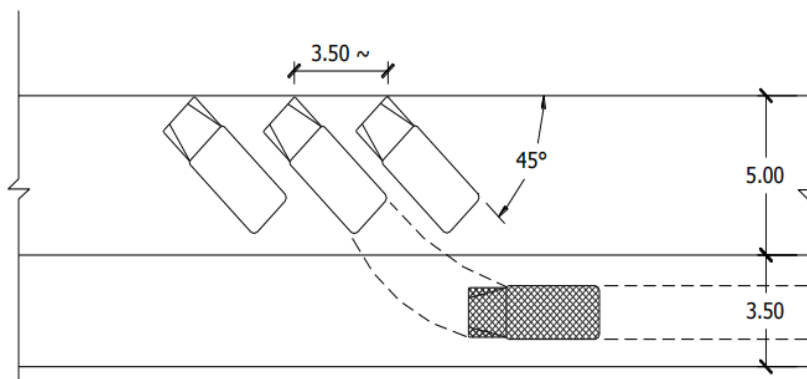
Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Figura 14. Estacionamiento a 30° de la calle



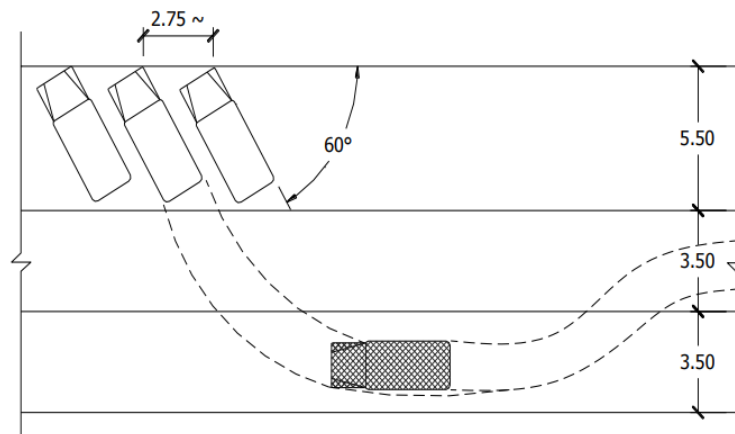
Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Figura 15. Estacionamiento a 45° de la calle



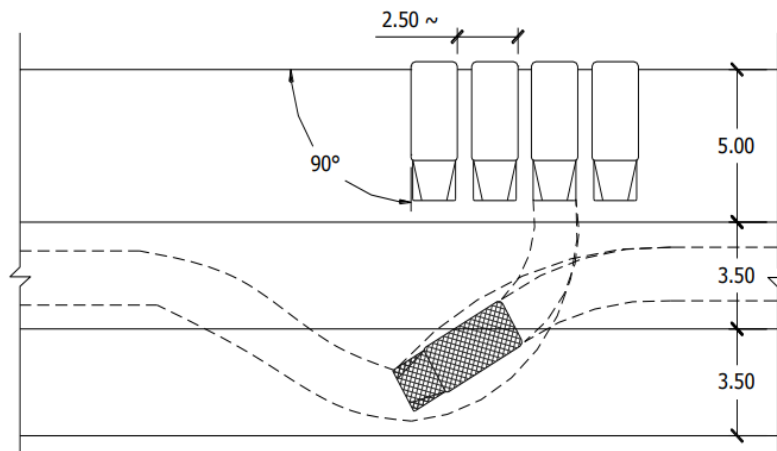
Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Figura 16. Estacionamiento a 60° de la calle



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Figura 17. Estacionamiento a 90° de la calle



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

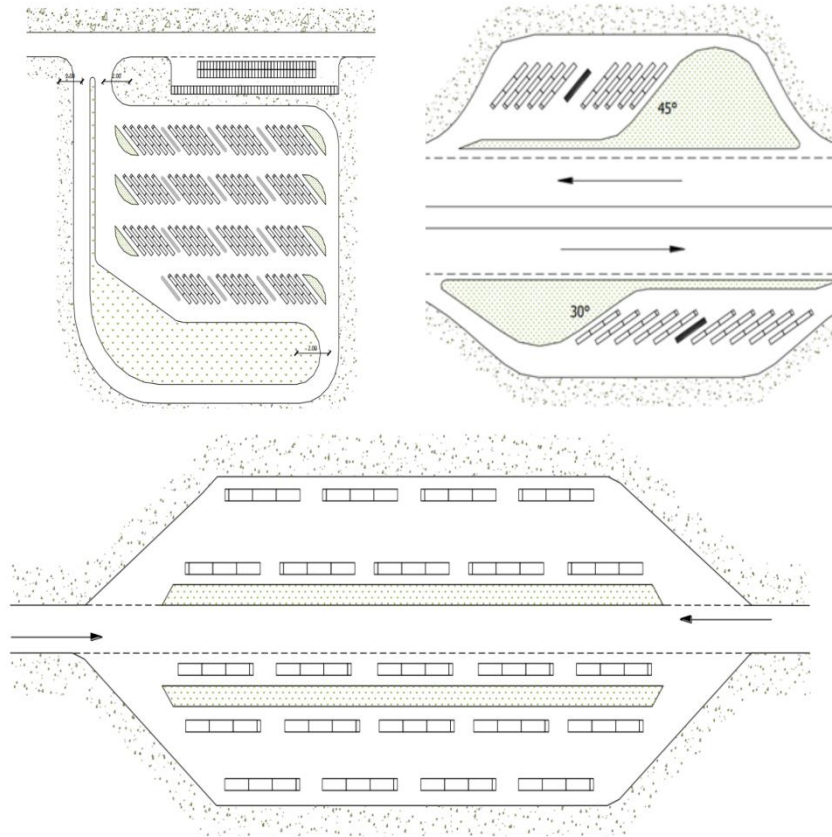
- **Estacionamientos fuera de la vía pública**

Estos estacionamientos son la causa directa de la necesidad de disminuir los estacionamientos en la calle, en beneficio de los usuarios y del mejoramiento de la circulación vial. Pueden ubicarse en lotes o predios baldíos y en edificios.

Desde luego para el diseño de las playas de estacionamiento se debe efectuar un estudio y análisis de la demanda en la zona requerida. Denominaremos “cajón de estacionamiento” como la superficie requerida para un estacionamiento adecuado

A continuación, en las Figuras se muestran varios tipos de estacionamientos fuera de la calle (todas las medidas están expresadas en metros).(Gómez, 2004)

Figura 18. Estacionamiento fuera de la calle



Fuente: Texto guía de ingeniería de tráfico, Ronal Cesar Gómez (2004) Universidad Mayor de San Simón

2.5.3.3 Normas para proyecto fuera de la vía pública

En estudios realizados por el Departamento del Distrito Federal (México) se analizaron las dimensiones de los automóviles registrados en la ciudad y el país. Tomando en cuenta el pronóstico de los porcentajes de los tipos de automóviles, se recomiendan como dimensiones mínimas de cajones de estacionamiento las indicadas a continuación:(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Tabla 6. Dimensiones mínimas de los cajones de estacionamiento

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

Fuente: Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

Las dimensiones para los pasillos de circulación dependen del ángulo de inclinación que disponen los cajones de estacionamiento. Los valores mínimos recomendados se muestran en la tabla.

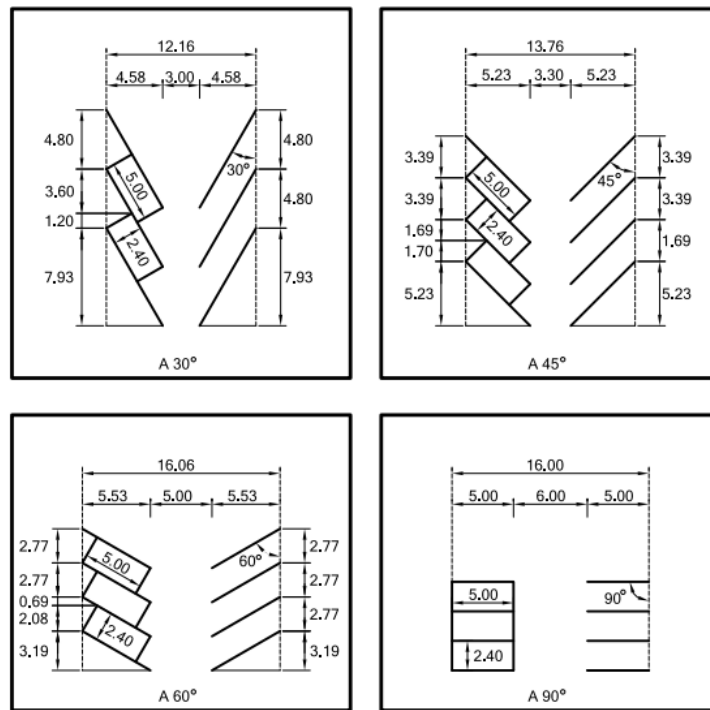
Tabla 7. Dimensiones mínimas para los pasillos de estacionamiento

Angulo del cajón	Anchura del pasillo en metros	
	Automóviles	
	Grandes y Medianos	Chicos
30°	3.0	2.7
45°	3.3	3.0
60°	5.0	4.0
90°	6.0	5.0

Fuente: Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

En general, se recomienda proyectar para automóviles grandes y medianos. Si existen limitaciones en el espacio disponible, puede destinarse una parte del mismo estacionamiento para automóviles chicos. En las que se ilustran las dimensiones mínimas de los pasillos y cajones, de acuerdo con el ángulo de inclinación de estos últimos.(Gómez, 2004)

Figura 19. Dimensiones mínimas(m) para estacionamiento de automóviles grandes y mediodos.



Fuente: Ingeniería de tránsito, Rafael Cal y mayor R. (2017)

2.5.4 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: (Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

- Señalización horizontal
- Señalización vertical

2.5.4.1 Señalización horizontal

Se entiende por señales horizontales preventivas aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo a la marca podrá utilizar líneas amarillas o blancas.

Las marcas de tipo restrictivos van a tener el objetivo de que sean pintadas sobre el pavimento no puedan ser utilizadas por la circulación vehicular restringiéndose tanto su circulación y las maniobras.(Cal y Mayor & Cárdenas, 2017)

Las marcas de tipo indicativos tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco. Existen diversas marcas sobre el pavimento que son colocadas con objetivos específicos esos objetivos están planteados de tal manera que se trate de señales universales, es decir que todos los países traten de normalizar su señalización horizontal de la misma manera. (Nicholas & Lester, 2005)

- Rayas.
- Marcas.
- Botones

2.5.4.2 Señalización vertical

Se define a la señalización vertical como el conjunto de señales que van distribuidas a lo largo de una carretera o dentro de un trazo urbano con el propósito de mejorar la circulación vehicular y peatonal estableciendo en función de las normas una forma de utilización de los espacios vehiculares y peatonales. Debido a la gran variedad de las señales que podrán presentarse se ha hecho una clasificación en función de los objetivos de cada grupo de señales estableciéndose tres grupos de señales.(Nicholas & Lester, 2005)

- Señales Preventivas (SP)
- Señales Restrictivas (SR)
- Señales Informativas (SI)
- Turísticas y de servicios (STS).
- Señales diversas (OD).

2.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles, que con fines ilustrativos se describe a continuación, se basa

en la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de las Carreteras. Datos del estudio de tránsito y de las características de la carretera: (Transportation Research Board, 2010)

- Volumen de tránsito en la hora pico (v, en vehículos por hora).
- Factor de hora pico (FHP).
- Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).
- Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar. Las características de la sección longitudinal de una carretera pueden establecerse a través del porcentaje de dicha carretera con visibilidades menores de 450 metros.
- Ancho de carriles y hombros (metros). Dimensiones de alternativas del estudio.
- Velocidad de diseño (kilómetros por hora)
- Pendiente de acuerdo al tramo

El cálculo del flujo de servicio (Sfi) de la carretera se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$Capacida Real = 2800 * \left(\frac{v}{c}\right) * fr * fa * FL * Fvp$$

Donde:

V/C=relación volumen/capacidad

Fr=factor de reparto por sentidos

Fa=factor por ancho de carril y berma

FL=factor por vehículos livianos

Fvp=factor por vehículos pesados

Tabla 8. Valores de la relación I/ca, con relación a la velocidad.

Porcentaje de inclinación	Velocidad median de km/h	Porcentaje de zonas con prohibición de adelantamiento					
		0	20	40	60	80	100
3	88	0.27	0.23	0.19	0.17	0.14	0.12
	84	0.42	0.38	0.33	0.31	0.29	0.27
	80	0.64	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47
	72	1.00	0.95	0.91	0.88	0.86	0.84
	68	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94
	64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	88	0.25	0.21	0.18	0.16	0.13	0.11
	84	0.40	0.36	0.31	0.29	0.27	0.25
	80	0.61	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45
	72	0.97	0.92	0.88	0.85	0.83	0.81
	68	0.99	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92
	64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	88	0.21	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08
	84	0.36	0.31	0.27	0.24	0.22	0.20
	80	0.57	0.49	0.49	0.41	0.39	0.37
	72	0.93	0.84	0.79	0.75	0.72	0.70
	68	0.97	0.90	0.87	0.85	0.83	0.82
	64	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92
	56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	88	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04
	84	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.13
	80	0.48	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26
	72	0.85	0.76	0.68	0.63	0.59	0.55
	68	0.93	0.84	0.78	0.74	0.70	0.67
	64	0.97	0.91	0.87	0.83	0.81	0.78
	56	1.00	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90
	48	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98
7	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	84	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04
	80	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	0.12
	72	0.77	0.65	0.55	0.46	0.40	0.35
	68	0.86	0.75	0.67	0.60	0.54	0.48
	64	0.93	0.82	0.75	0.69	0.64	0.59
	56	1.00	0.91	0.87	0.82	0.79	0.76
	48	1.00	0.95	0.92	0.90	0.88	0.86

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

Factor de la relación volumen/capacidad sacado de la tabla 8 con la pendiente y velocidad de acuerdo a los datos del tramo de estudio. Para la obtención del factor volumen capacidad, debemos asumir un porcentaje de restricción de paso, para nuestro caso será de 20 % ya que según la norma AASHTO sería el valor recomendable para un terreno plano u ondulado.

Factor de reparto por sentido dado por tabla 9 de acuerdo al dato del transporte de trafico de subida.

Tabla 9. Factor de ajuste por reparto por sentido por rampa singulares Fr

Trafico de subida (%)	Factor de ajuste
100	0.58
90	0.64
80	0.70
70	0.78
60	0.87
50	1.00
40	1.20
≤30	1.50

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

Factor por ancho de carril y Berma de acuerdo a la tabla 10

Tabla 10. Factores de ajuste por efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes Fa

Anchura útil de los arcenes (m)	Carril de 3,60m		Carril de 3,3m		Carril de 3,0m		Carril de 2,7m	
	Nivel Servicio		Nivel Servicio		Nivel Servicio		Nivel Servicio	
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

Calculo el factor de vehiculó livianos con las siguientes formulas:

$$FL = \frac{1}{1 + (PL * IL)} \qquad IL = 0.02(E - Eo)$$

Donde:

PL = proporción de vehículos livianos en tráfico de subida

IL = factor de impedancia para vehículos livianos

E, Eo = equivalentes para vehículos livianos de tabla-11

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles, que con fines ilustrativos se describe a continuación, se basa en la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de las Carreteras.

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Tabla 11. Equivalencias en vehículos ligeros para rampas singulares en carreteras de dos carriles E y E_o

% Inclinación	Longitud de la rampa (m)	Velocidad media de subida en km/h					
		88	84	80	72	64	48
0	Todas	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3
3	400	2.9	2.3	2.0	1.7	1.6	1.5
	800	3.7	2.9	2.4	2.0	1.8	1.7
	1200	4.8	3.6	2.9	2.3	2.0	1.9
	1600	6.5	4.6	3.5	2.6	2.3	2.1
	2400	11.2	6.6	5.1	3.4	2.9	2.5
	3200	19.8	9.3	6.7	4.6	3.7	2.9
	4800	71.0	21.0	10.8	7.3	5.6	3.8
	6400	x	48.0	20.5	11.3	7.7	4.9
4	400	3.2	2.5	2.2	1.8	1.7	1.6
	800	4.4	3.4	2.8	2.2	2.0	1.9
	1200	6.3	4.4	3.5	2.7	2.3	2.1
	1600	9.6	6.3	4.5	3.2	2.7	2.4
	2400	19.5	10.3	7.4	4.7	3.8	3.1
	3200	43.0	16.1	10.8	6.9	5.3	3.8
	4800	x	48.0	20.0	12.5	9.0	5.5
	6400	x	x	51.0	22.8	13.8	7.4
5	400	3.6	2.8	2.3	2.0	1.8	1.7
	800	5.4	3.9	3.2	2.5	2.2	2.0
	1200	8.3	5.7	4.3	3.1	2.7	2.4
	1600	14.1	8.4	5.9	4.0	3.3	2.6
	2400	34.0	16.0	10.8	6.3	4.9	3.8
	3200	91.0	28.3	18.4	10.2	7.5	4.8
	4800	x	x	37.0	22.0	14.6	7.8
	6400	x	x	x	55.0	25.0	11.5
6	400	4.0	3.1	2.5	2.1	1.9	1.8
	800	6.5	4.8	3.7	2.8	2.4	2.2
	1200	11.0	7.2	5.2	3.7	3.1	2.7
	1600	20.4	11.7	7.8	4.9	4.0	3.3
	2400	60.0	25.2	16.0	8.5	6.4	4.7
	3200	x	50.0	28.2	15.3	10.7	6.3
	4800	x	x	70.0	38.0	23.9	11.3
	6400	x	x	x	90.0	45.0	18.1
7	400	4.5	3.4	2.7	2.2	2.0	1.9
	800	7.9	5.7	4.2	3.2	2.7	2.4
	1200	14.5	9.1	6.3	4.3	3.6	3.0
	1600	31.4	16.0	10.0	6.1	4.8	3.8
	2400	x	39.5	23.5	11.5	8.4	5.8
	3200	x	88.0	46.0	22.0	15.4	8.2
	4800	x	x	x	66.0	38.5	16.1
	6400	x	x	x	x	x	28.0

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

Para la obtención de vehículo pesados se usará las siguiente formulas:

$$Fvp = \frac{1}{1 + Pvp(Evp - 1)} \quad Evp = 1 + (0.25 + \frac{Pc}{vp})(E - 1)$$

Donde:

Pvp=proporción de vehículos pesados en circulación de subida

Evp=Equivalente de vehículos pesados

Para la obtención del nivel de servicio se usará la siguiente tabla de acuerdo al volumen total y la capacidad real calculada.

Tabla 12. Relación volumen capacidad, factores tabulados

N.S.	Restricción de paso en (%)																	
	Terreno Plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.2	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.3	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.2	0.16
D	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.5	0.45	0.4	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Fuente: TRB, Highway Capacity Manual (HCM)

Los factores de equivalencias según el tipo de vehículo ya vienen tabulados, y para cada nivel de servicio existe un valor ya definido.

2.7 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS VEHÍCULOS PESADOS

El transporte pesado o transporte comercial de carga pesada, consiste en vehículos que transportan bienes o productos cuyo peso en total supera las 3,5 toneladas, estos vehículos reciben la mercadería ya sea en contenedores o directamente en su compartimiento mediante la estiba de la carga, para luego ser transportada.

2.7.1. Dimensiones de los vehículos pesados

Tabla 13. Dimensiones de los vehículos según la norma AASTHO

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7(16.8)	21.0	22.5
Voladizo delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre ejes extremos WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre ejes extremos WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

Motocicletas y bicicletas si bien son parte del tráfico, no están incluidos en el volumen total representadas por el TPD o el TPH. Dimensiones Máximas Permitidas para vehículos pesados según el artículo 12 de ley 441 de control de pesos y dimensiones vehiculares en la red vial fundamental.

Tabla 14. Altura máxima permitida según norma (ABC)

Dimensiones	Tipo de vehículo	Metros
Ancho máximo	todos	2.60
Altura máxima	Camiones 	4.20
	Furgoneta y contenedores 	4.30
	Buses 	4.20

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia

Tabla 15. Dimensiones máximas permitidas según la norma (ABC)

Dimensiones	Tipo de vehículo	Metros
Longitudes totales máxima	Camiones de dos ejes 	12
	Camiones con más 2 ejes 	12.50
	Buses 	14
	Camiones con semirremolque 	18,60

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia

Este tipo de la clasificación de la composición no es rígida pudiendo establecerse la más adecuada para un proyecto en particular de una carretera o una calle. Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que estos producen como ser: el porcentaje de vehículos pesados que ejercerán una disminución de la capacidad de una ruta reducirán las velocidades de circulación, requerirán mayor espacio para las maniobras.

Relación entre velocidad-volumen

A un aumento de volumen corresponde una reducción de la velocidad media hasta llegar a un punto de densidad crítica que corresponde al máximo volumen. A partir de este punto decrecen ambas: velocidad e volumen. Este comportamiento se observa en tramos completos mejor que en secciones aisladas y cuanto más largo sean los tramos, los resultados son de mayor consistencia. La velocidad media se deduce del conjunto de las velocidades de cada vehículo que son menos dispersas a medida que la densidad es más alta.

La velocidad depende también de otros factores, independientes del volumen, y que son función unas veces de la vía, características geométricas, control de sus accesos y otras de agentes externos como las condiciones atmosféricas. La relación velocidad media-volumen en condiciones de circulación continua o ininterrumpida puede representarse por una curva. En condiciones de circulación interrumpida o discontinua que son normales por ejemplo en vías urbanas con semáforos es difícil establecer la relación volumen-velocidad. La velocidad está condicionada por factores muy distintos, límites de velocidad, progresión de los semáforos o capacidad de intersecciones próximas. Los resultados obtenidos son poco consistentes.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRACTICA Y OBTENCIÓN DE DATOS

3.1. UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO

Yacuiba es una ciudad y municipio de Bolivia, ubicada en la región del Chaco, en la frontera sur del país. Es la capital de la provincia Gran Chaco, en el departamento de Tarija con coordenadas geográficas, longitud: W 63°40'39.11" y latitud: S 22°0'59.15"

Figura 20. Ubicación de la ciudad de Yacuiba



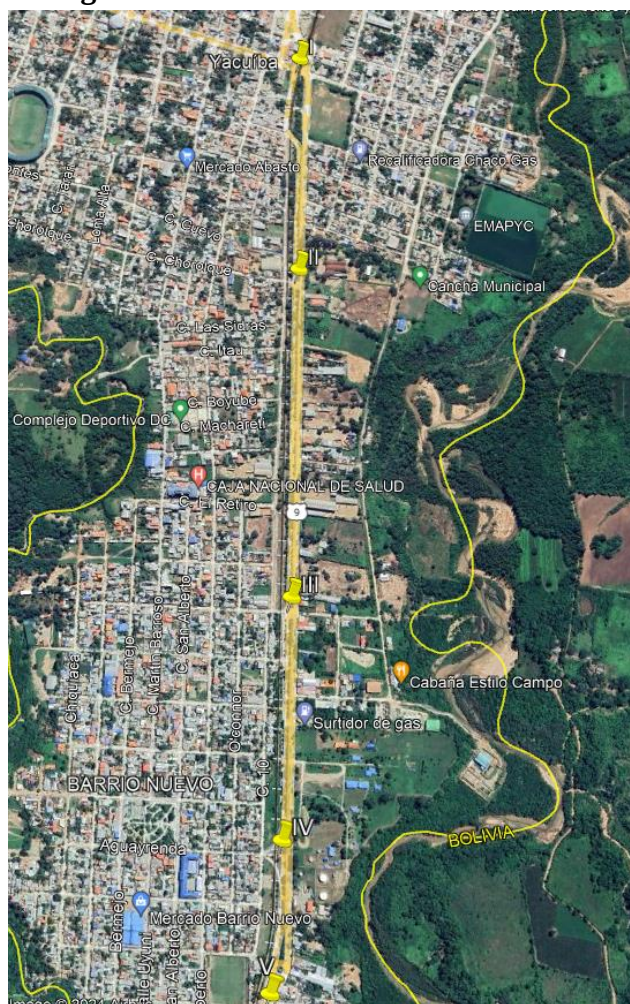
Fuente: turismo Yacuiba

Yacuiba y **San José de Pocitos** son dos localidades diferentes distantes a 3 Km. una de otra, pero con el tiempo y crecimiento poblacional se fueron uniendo en un mismo centro urbano. Estas dos poblaciones de frontera tienen un intenso intercambio comercial con la localidad de Salvador Mazza en la provincia argentina de Salta.

Para el análisis de aforos de volúmenes de los vehículos pesados se tomó como puntos de aforos en la avenida Bolivia y Tarija, teniendo como acceso esas dos avenidas autorizadas para el transporte pesado. En el tramo de estudio se realizó 15 intersecciones con coordenadas de inicio y fin, con distancia de 3.5 km.

INICIO	FIN
Latitud: 22° 1'23.06"S	Latitud: 22° 3'7.51"S
Longitud: 63°40'36.64"O	Longitud: 63°40'58.29"O

Figura 21. Tramo avenida Bolivia



Fuente: Google Earth

Figura 22. Tramo avenida Tarija



Fuente: Google Earth

En la siguiente tabla 16 se muestra las intersecciones con su respectivo nombre de las calles de las dos avenidas en el tramo que se estudió.

Tabla 16. Nombre de las calles de estudio

Intersecciones	Nombres de la calle
I	Avenida Bolivia- C. Hugo Salazar
II	Avenida Bolivia- C. Chorolque
III	Avenida Bolivia- C. Yaguacua
IV	Avenida Bolivia- C. Aguayrenda
V	Avenida Tarija – C. La Paz
VI	Avenida Tarija- C. Camatindi
VII	Avenida Tarija – C. Chuquisaca
VIII	Avenida Tarija – C. Villamontes
IX	Avenida Tarija – C. San Alberto
X	Avenida Tarija – C. Tupiza
XI	Avenida Tarija – C. Beni
XII	Avenida Tarija – C. Oruro
XIII	Avenida Tarija – C. Cochabamba
XIV	Avenida Tarija – C. Santa Cruz
XV	Avenida Tarija – C. Yacuiba

Fuente: elaboración propia

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El tramo de estudio se encuentra dos avenidas principales de la circulación del transporte pesado, la avenida Bolivia y Tarija.

La Avenida Bolivia, una de las avenidas más principales de la ciudad de Yacuiba que tiene como principal entrada y salida a San José de Pocito, esta avenida circula mayormente el transporte pesado y liviano ocasionando un tráfico vehicular en horas pico o accidentes con el transporte pesado.

Figura 23. Avenida Bolivia



Fuente: Elaboración propia

La avenida cuenta con una jardinera por el centro teniendo como referencia para la identificación de las intersecciones, se identificó 4 intersecciones y que la avenida cuenta con dos accesos uno de entrada y otro de salida, donde las jardineras tienen el espacio debido para los giros de los distintos vehículos. El carril de entrada mide 7.60 m, y la de salida con 7.30 m, y que no cuenta con un ancho de berma, con una pendiente entre 2 a 4 % de todo el tramo de la Av. Bolivia.

Figura 24. Transporte pesado de salida y entrada (Avenida Bolivia)



Fuente: elaboración propia

La Av. Tarija es el único acceso hacia el país de Argentina, que cuenta igual de 2 accesos con una distancia de 7.50 m de carril teniendo la avenida una influencia de mayor tráfico porque no es tan recomendado para que circulen vehículos de transporte pesado y que también forma parte de tráfico vehicular liviano.

Figura 25. Transporte pesado y liviano (Avenida Tarija)



Fuente: elaboración propia

La vía cuenta con 11 intersecciones con ancho de carril de 7.50 m para entrada y salida sin ancho berma, con una pendiente entre 2.5 a 3 %, esta avenida no cuenta con estacionamientos porque el transporte circula directo hacia el país de Argentina.

Figura 26. Transporte pesado de entrada y salida en la avenida
Tarija



Fuente: elaboración propia

3.3 MEDICIÓN DE CAMPO

El procedimiento del aforo se ha realizado por el método de la AASTHO, el cual indica que se debe evaluar las horas pico del tráfico vehicular, por tanto, el aforo será hecho desde las horas 06:00 am a 21:00 pm, debido que en ese rango de tiempo cuenta con mayor influencia del transporte liviano y pesado el objetivo será el de conocer las horas en las que el volumen de Tráfico es mayor, una vez obtenido esto procederemos a aforar dos días hábiles y un día no hábil durante un mes 4 semanas en los puntos previamente definidos.

3.3.1 Medición de las horas pico

Para la determinación de la hora pico se aforo al transporte pesado en los dos accesos de entrada y salida, y de la misma manera para el transporte liviano en la avenida más transitada.

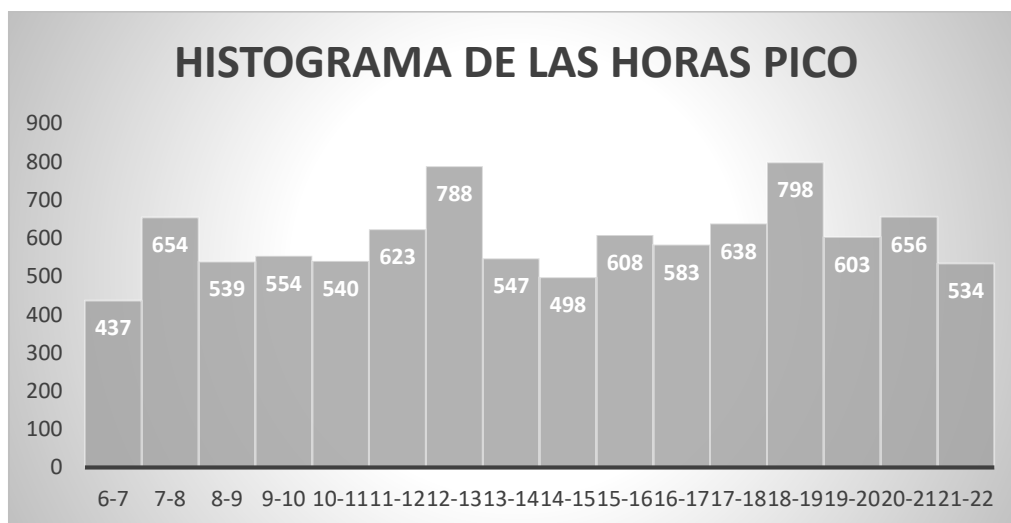
En la gráfica 25 podemos observar el histograma de la hora pico.

Tabla 17. Horas pico del tramo de estudio

HORA	VEHÍCULO LIVIANO		TOTAL	VEHÍCULO PESADO		TOTAL	TOTAL
	ACCESO A-1	ACCESO A-2		ACCESO A-1	ACCESO A-2		
6-7	204	198	402	19	16	35	437
7-8	345	268	613	10	31	41	654
8-9	245	256	501	21	17	38	539
9-10	310	209	519	15	20	35	554
10-11	237	265	502	23	15	38	540
11-12	340	247	587	10	26	36	623
12-13	397	316	713	15	60	75	788
13-14	278	234	512	10	25	35	547
14-15	298	167	465	15	18	33	498
15-16	269	301	570	12	26	38	608
16-17	234	304	538	16	29	45	583
17-18	304	298	602	14	22	36	638
18-19	378	365	743	19	36	55	798
19-20	278	304	582	10	11	21	603
20-21	305	318	623	18	15	33	656
21-22	234	269	503	19	12	31	534

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Histograma de la hora pico



Fuente: elaboración propia

3.3.2 Aforo del volumen del transporte pesado y liviano

El aforo vehicular fue por el método manual, el cual consta de la ubicación personal en cada una de las intersecciones seleccionadas para este estudio; con la ayuda de una planilla previamente diseñada para el registro de datos, se aforó durante los tres horarios pico determinados con anterioridad los cuales son: de 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 como así también de 18:00 a 19:00. Este aforo se lo realizó durante un mes, 3 días a la semana 2 días hábiles y 1 día inhábil.

Para el conteo vehicular se tomó en cuenta 2 tipos de clasificación de vehículos:

- **Vehículos livianos.** Son los vehículos cuya longitud no supera a los 3.5 m., y solo cuentan con 2 ejes, que se encuentran los automóviles, camionetas, jeeps y furgones que transportan de 1 a 9 personas y una carga útil máxima de 2 toneladas respectivamente.

Figura 28. Vehículo liviano



Fuente: elaboración propia

- **Vehículos pesados** Son los vehículos cuya longitud excede los 6 m. y cuentan con más de dos ejes. se encuentran los autobuses, camiones, camiones con remolque y camiones tractor con semirremolque que transportan de 1 a 55 personas y carga útil en gran cantidad respectivamente.

Figura 29. Vehículo pesado



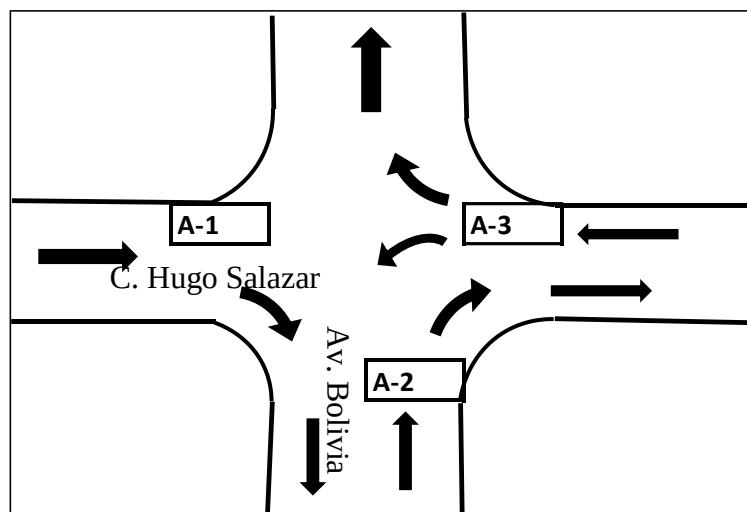
Fuente: Elaboración propia

Se muestra un ejemplo de la intersección I de los aforos que se realizó, se desarrolló 2 planillas una para transporte pesado y otra para liviano.

En la figura 28 se observa que la intersección cuenta con 3 accesos.

Figura 30. Accesos de la intersección de la Avenida Bolivia-C.

Hugo Salazar



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18-19 se muestra el o foro del transporte pesado y liviano, con sus respectivos accesos de un mes.

Los detalles de la tabla de las demás intersecciones se encuentran en el anexo A

Tabla 18. Datos de volumen vehicular del transporte pesado

INTERSECCIÓN AVENIDA BOLIVIA- CALLE HUGO SALAZAR										
INTERSECCIÓN 1 TRANSPORTE PESADO		ACCESO A-1			ACCESO A-2			ACCESO A-3		
		07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00
SEMANA 1	1er día hábil	32	20	38	34	28	35	34	28	32
	2do día hábil	20	34	40	30	40	25	27	30	29
	Día no hábil	10	23	30	15	35	41	34	31	33
SEMANA 2	1er día hábil	25	35	34	23	42	32	28	25	38
	2do día hábil	31	43	28	25	39	37	27	33	32
	Día no hábil	38	32	31	34	27	32	37	32	28
SEMANA 3	1er día hábil	30	28	23	20	34	21	34	26	31
	2do día hábil	29	36	35	18	28	33	37	34	30
	Día no hábil	20	25	41	32	33	29	27	31	36
SEMANA 4	1er día hábil	10	27	15	29	41	37	31	38	34
	2do día hábil	35	36	25	31	14	34	39	35	34
	Día no hábil	25	21	16	19	27	26	34	37	28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Datos de volumen vehicular del transporte liviano

INTERSECCIÓN AVENIDA BOLIVIA- CALLE HUGO SALAZAR										
INTERSECCIÓN 1 TRANSPORTE LIVIANO		ACCESO A-1			ACCESO A-2			ACCESO A-3		
		07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00
SEMANA 1	1er día hábil	133	156	189	171	178	165	167	165	169
	2do día hábil	154	157	188	144	166	178	174	168	179
	Día no hábil	124	136	167	155	166	174	172	165	176
SEMANA 2	1er día hábil	134	154	147	177	165	134	180	171	168
	2do día hábil	123	145	167	158	144	158	174	176	181
	Día no hábil	145	156	134	133	147	156	156	178	169
SEMANA 3	1er día hábil	120	156	137	145	158	178	160	175	167
	2do día hábil	150	134	154	147	187	166	189	167	178
	Día no hábil	145	156	169	155	169	158	176	169	171
SEMANA 4	1er día hábil	134	145	128	167	177	181	183	178	180
	2do día hábil	110	128	137	165	145	176	179	168	165
	Día no hábil	135	147	157	167	156	178	178	172	179

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Aforo del tiempo para la velocidad en punto

Para el aforo de la velocidad se usó el método de la velocidad en punto para el transporte pesado y liviano, Se realizó durante 2 semanas en los mismos días y horas que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Se tomó 3 accesos para cada avenida, con una distancia de 100 m para la avenida Bolivia y 50 m para la avenida Tarija con ayuda del cronómetro se obtuvo el tiempo en segundos para cada 5 vehículos que pasaba por cada acceso tanto de ida como de vuelta.

En la tabla 20-21 se muestra el aforo de tiempo en seg. Tanto para el transporte pesado y liviano de un solo acceso.

Lo aforo realizado del demás acceso se encuentra en anexo B

Tabla 20. Aforo de un acceso de la velocidad del transporte pesado

seg.	AVENIDA BOLIVIA						
		ACCESO 1					
		07:00-8:00		12:00-13:00		18:00-19:00	
	N.º	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	1	11.34	10.34	10.34	10.12	11.12	9.36
	2	10.45	11.23	11.23	9.23	9.27	8.45
	3	11.35	10.32	9.45	9.45	10.23	9.23
	4	10.89	9.23	9.67	9.78	9.34	9.87
	5	11.23	9.56	11.23	9.81	8.54	10.11
SEMANA 2	1	11.23	9.23	10.23	10.33	11.19	9.77
	2	12.56	10.12	9.89	9.56	10.23	10.12
	3	10.67	9.59	9.76	10.56	10.76	9.78
	4	11.34	10.32	9.34	8.93	9.53	10.32
	5	10.78	9.88	9.21	9.28	9.34	9.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Aforo de un acceso de la velocidad del transporte liviano

seg.	AVENIDA BOLIVIA						
		ACCESO 1					
		07:00-8:00		12:00-13:00		18:00-19:00	
	N.º	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	1	10.23	7.49	10.34	10.12	11.12	7.78
	2	9.78	8.55	8.45	8.37	7.67	8.45
	3	8.4	8.23	9.45	9.45	8.45	9.23
	4	9.56	8.78	9.67	9.78	9.34	9.87
	5	11.23	9.56	8.11	9.81	8.54	10.11
SEMANA 2	1	9.89	9.23	8.56	8.99	11.19	9.77
	2	9.88	8.38	9.89	7.69	10.23	10.12
	3	8.45	9.59	9.76	7.88	10.76	9.78
	4	9.56	9.78	8.67	8.93	9.53	8.67
	5	8.78	9.88	8.97	9.28	9.34	8.98

Fuente: Elaboración propia

3.3.6. Aforo de estacionamiento

Para el levantamiento de datos de estacionamientos se procedió a realizar el aforo de placas de vehículos pesados estacionados a lo largo de la Avenida Bolivia, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta durante un periodo de un día en las horas pico identificadas anteriormente, de 7:00am a 8:00am, de 12:00am a 13:00pm y de 6:00pm a 7:00pm.

En la siguiente tabla 22 se muestra el levantamiento de datos de una intersección en la diferente hora pico.

Los detalles de las demás intersecciones se encuentran en el anexo C

Tabla 22. Aforo de placas en la Av. Bolivia (C. Hugo Salazar- C. Chorolque)

AVENIDA BOLIVIA (C. HUGO SALAZAR-C. CHOROLQUE)

HORA	PLACAS							
	Nº	1	2	3	4	5	6	7
07:00-7:10	1		4690END		GY5678			
07:10-7:20	2	4282EBI			GY5678		0956WDI	
07:20-7:30	3	4282EBI		9845RTO	GY5678	BJ0654	0956WDI	
07:30-7:40	4		TY8345	9845RTO		BJ0654		3478YUJ
07:40-7:50	5		TY8345			0934TR		
07:50-08:00	6		TY8345			0934TR	GH0945	

12:00-12:10	8	4567OPY			1204FDS			
12:10-12:20	9	4567OPY		GTY781	1204FDS			235RET
12:20-12:30	10		4510TRE			WSD4561		
12:30-12:40	11		4511TRE			WSD4561		
12:40-12:50	12			BG5623				3410VXC
12:50-13:00	13	WE5671		BG5623		3429GFC		

18:00-18:00	15	VJ56790			WSC4590			
18:10-18:20	16	VJ56790		7689YUJ			ER5671	
18:20-18:30	17	VJ56790	541TYD	3450DCR		3466GJA	ER5671	4320TYD
18:30-18:40	18		3245TUB	3450DCR	5613TBN	3466GJA		4320TYD
18:40-18:50	19		3245TUB		5613TBN		4387DFG	3203LCC
18:50-19:00	20	9023TYB	3245TUB	9810FGH			4387DFG	3203LCC

DEMANDA DE
ESTACIONAMIENTO
POR HORA

07:00-8:00	11
12:00-13:00	10
18:00-19:00	14

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SIMULACIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DETERMINADOS

La determinación del análisis de los parámetros la realizó de acuerdo a los datos que se sustrajo de la medición de campo en tramo de estudio.

4.1.1 Velocidades máximas del transporte pesado y liviano

Se desarrolló los cálculos de acuerdo a los datos que se aforo en la medición de campo en todos los accesos ya mencionados.

De igual manera que en el parámetro volumen se realizó la depuración de datos que salen el rango, para poder obtener una serie de datos homogénea que nos permita acercarnos al máximo posible a la realidad. Con ayuda de algunos parámetros estadísticos realizaremos la depuración de los datos que se dispersan de la realidad.

Tabla 23. Velocidades del transporte pesado

Km/h	AVENIDA BOLIVIA						
		ACCESO 1					
		07:00-8:00		12:00-13:00		18:00-19:00	
	N.º	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	1	31.75	34.82	34.82	35.57	32.37	38.46
	2	34.45	32.06	32.06	39.00	38.83	42.60
	3	31.72	34.88	38.10	38.10	35.19	39.00
	4	33.06	39.00	37.23	36.81	38.54	36.47
	5	32.06	37.66	32.06	36.70	42.15	35.61
SEMANA 2	1	32.06	39.00	35.19	34.85	32.17	36.85
	2	28.66	35.57	36.40	37.66	35.19	35.57
	3	33.74	37.54	36.89	34.09	33.46	36.81
	4	31.75	34.88	38.54	40.31	37.78	34.88
	5	33.40	36.44	39.09	38.79	38.54	38.54

Fuente: Elaboración propia

Depurando los datos remarcados encontramos las velocidades reales de cada acceso.

MEDIA	32	36	36	37	36	37
DESVIACIÓN	2	2	2	2	3	2
RANGO	34	38	39	39	40	40
	31	34	34	35	33	35
DEPURANDO DATOS						
MEDIA	32.44	35.97	36.74	37.27	36.79	37.17

En la tabla 24 se observa un resumen de la velocidad en las distintas intersecciones tanto de ida como de vuelta.

Tabla 24. Resumen de las diferentes velocidades de distintas intersecciones

TRANSPORTE PESADO			
AVENIDA BOLIVIA 100 metros	INTERSECCIONES	Sur	Norte
	C./Hugo Salazar -C./Chorolque	35.32	36.80
	C./Chorolque-C./Yaguacua	36.43	37.69
	C/Yaguacua-C/La Paz	37.15	36.69
AVENIDA TARIJA 50 metros	C/Camatindi-C/Villamontes	27.77	27.89
	C./Tupiza-C./Beni	27.41	27.11
	C./Cochabamba-C./Santa Cruz	28.03	27.37

Fuente: Elaboración propia

Las velocidades totales calculadas en la Av. Bolivia de entrada son de 36 km/h y de salida es de 37 km/h, teniendo un total de velocidad máxima de 37 k/h. Por otro lado, la Av. Tarija tiene una velocidad de entrada con 28 km/h y de salida de 27 km/h con un total de velocidad máxima de 28 km/h.

En la tabla 25 se muestra las velocidades del transporte liviano de un solo acceso

Tabla 25. Velocidades de transporte liviano

Km/h	AVENIDA BOLIVIA						
		ACCESO 1					
		07:00-8:00		12:00-13:00		18:00-19:00	
	N.º	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	1	35.19	48.06	34.82	35.57	32.37	46.27
	2	36.81	42.11	42.60	43.01	46.94	42.60
	3	42.86	43.74	38.10	38.10	42.60	39.00
	4	37.66	41.00	37.23	36.81	38.54	36.47
	5	32.06	37.66	44.39	36.70	42.15	35.61
SEMANA 2	1	36.40	39.00	42.06	40.04	32.17	36.85
	2	36.44	42.96	36.40	46.81	35.19	35.57
	3	42.60	37.54	36.89	45.69	33.46	36.81
	4	37.66	36.81	41.52	40.31	37.78	41.52
	5	41.00	36.44	40.13	38.79	38.54	40.09

Fuente: Elaboración propia

Depurando los datos remarcado encontramos la velocidad real de cada acceso

MEDIA	38	41	39	40	38	39
DESVIACIÓN	3	4	3	4	5	4
RANGO	41	44	43	44	43	43
	34	37	36	36	33	36
DEPURANDO DATOS						
MEDIA	36.69	40.57	39.37	38.67	38.32	39.05

En la tabla 26 podemos observar un resumen de velocidades de las distintas intersecciones para transporte liviano tanto de entrada y de salida.

Tabla 26. Resumen de la velocidad de transporte liviano

TRANSPORTE LIVIANO			
AVENIDA BOLIVIA 100 metros	INTERSECCIONES	Sur	Norte
	C./Hugo Salazar -C./Chorolque	38.13	39.43
	C./Chorolque-C./Yaguacua	39.58	39.89
	C/Yaguacua-C/La Paz	38.78	37.54
AVENIDA TARIJA 50 metros	C/Camatindi-C/Villamontes	30.91	29.56
	C./Tupiza-C./Beni	29.94	30.86
	C./Cochabamba-C./Santa Cruz	31.14	30.71

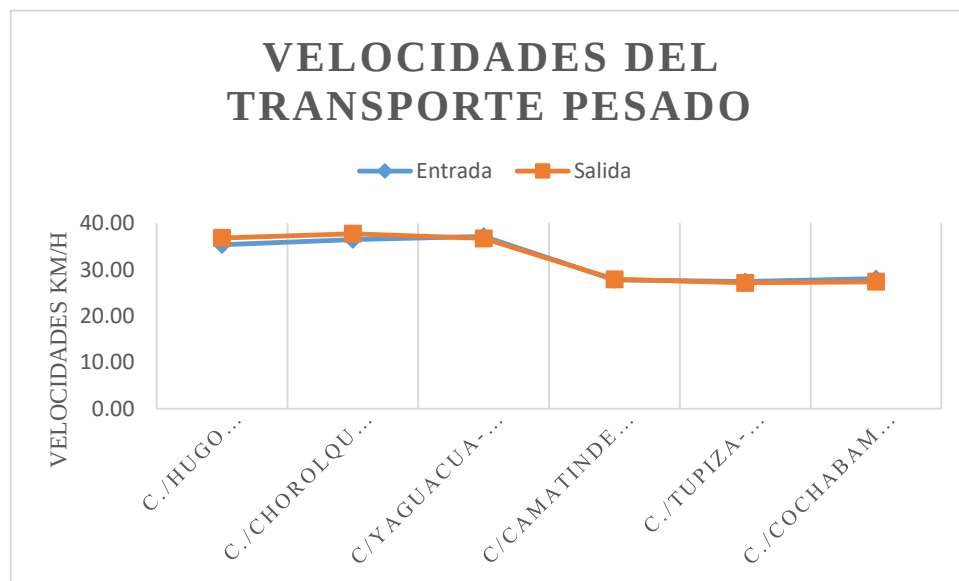
Fuente: Elaboración propia

Teniendo como resultados de las velocidades del transporte liviano en la Av. Bolivia de entrada y salida es de 39 km/h, mientras que en la Av. Tarija de entrada y de salida es de 31 km/h.

Análisis de resultado para el transporte pesado

En la figura 29 se muestra una gráfica de las velocidades del transporte pesado en cada intersección de entrada y de salida.

Figura 31. Análisis de velocidades del transporte pesado de entrada y salida

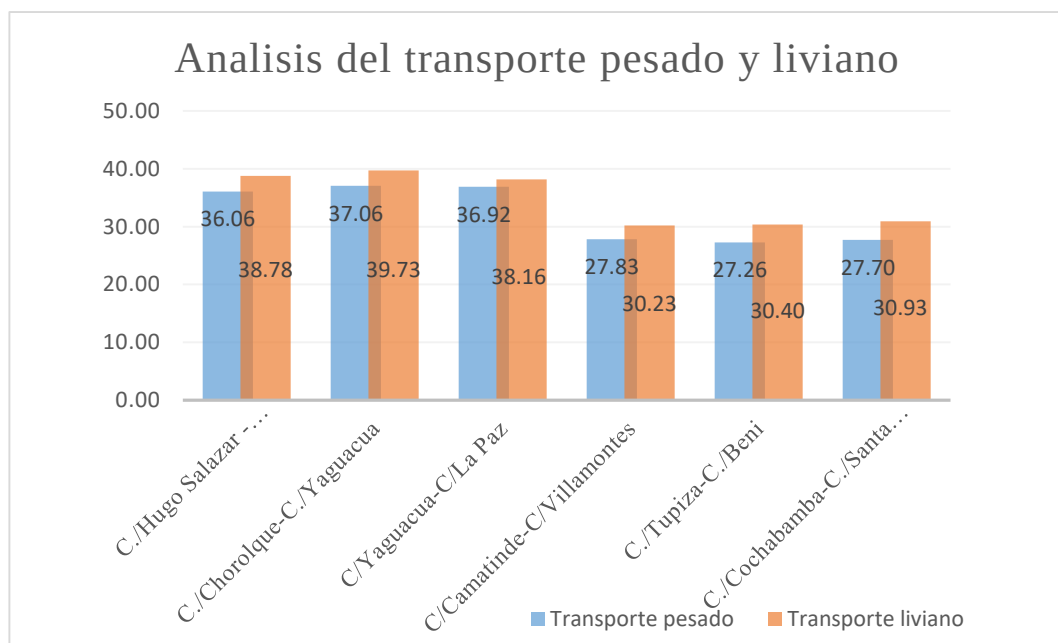


Fuente: Elaboración propia

Analizando se puede evidenciar que la velocidad máxima se encuentra en la Av. Bolivia con una velocidad de 37 km/h y que dispersión de velocidades entre entrada y salida no son muy elevadas.

En la figura 30 se muestra la velocidad promedio de cada intersección teniendo como las velocidades del transporte pesado y liviano.

Figura 32. Análisis del transporte pesado y liviano



Fuente: Elaboración propia

Una de la velocidad máxima para el transporte pesado y liviano es en la Av. Bolivia, las velocidades máximas vendrían ser por el transporte liviano 40 km/h que estaría entra las intersecciones C. Chorolque- C. Yaguacua.

4.1.2 Volumen vehicular del transporte pesado y liviano

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

En la tabla 27-28 se muestra el procesamiento de los volúmenes del transporte pesado y liviano de una intersección.

Tabla 27. Procesamiento de volúmenes vehiculares del transporte pesado

INTERSECCIÓN AVENIDA BOLIVIA- CALLE HUGO SALAZAR										
INTERSECCIÓN I TRANSPORTE PESADO		ACCESO A-1			ACCESO A-2			ACCESO A-3		
		07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00
SEMANA 1	1er día hábil	32	20	38	34	28	35	34	28	32
	2do día hábil	20	34	40	30	40	25	27	30	29
	Día no hábil	10	23	30	15	35	41	34	31	33
SEMANA 2	1er día hábil	25	35	34	23	42	32	28	25	38
	2do día hábil	31	43	28	25	39	37	27	33	32
	Día no hábil	38	32	31	34	27	32	37	32	28
SEMANA 3	1er día hábil	30	28	23	20	34	21	34	26	31
	2do día hábil	29	36	35	18	28	33	37	34	30
	Día no hábil	20	25	41	32	33	29	27	31	36
SEMANA 4	1er día hábil	10	27	15	29	41	37	31	38	34
	2do día hábil	35	36	25	31	14	34	39	35	34
	Día no hábil	25	21	16	19	27	26	34	37	28
MEDIA		25	30	31	27	34	33	34	32	32
DESVIACIÓN		9	7	9	7	8	6	4	4	3
RANGO		34	37	39	34	42	38	38	36	35
		16	23	22	20	25	27	30	27	29

Fuente: Elaboración propia

Depurando los datos que se encuentra con negro, se encontró el volumen total para cada acceso de las intersecciones.

MEDIA	27	32	31	28	33	34	34	32	32
MEDIA TOTAL	30			32			33		

Tabla 28. Procesamiento de volúmenes vehiculares de transporte

INTERSECCIÓN AVENIDA BOLIVIA- CALLE HUGO SALAZAR										
INTERSECCIÓN I TRANSPORTE LIVIANO		ACCESO A-1			ACCESO A-2			ACCESO A-3		
		07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00	07:00- 8:00	12:00- 13:00	18:00- 19:00
SEMANA 1	1er día hábil	133	156	189	171	178	165	167	165	169
	2do día hábil	154	157	188	144	166	178	174	168	179
	Día no hábil	124	136	167	155	166	174	172	165	176
SEMANA 2	1er día hábil	134	154	147	177	165	134	180	171	168
	2do día hábil	123	145	167	158	144	158	174	176	181
	Día no hábil	145	156	134	133	147	156	156	178	169
SEMANA 3	1er día hábil	120	156	137	145	158	178	160	175	167
	2do día hábil	150	134	154	147	187	166	189	167	178
	Día no hábil	145	156	169	155	169	158	176	169	171
SEMANA 4	1er día hábil	134	145	128	167	177	181	183	178	180
	2do día hábil	110	128	137	165	145	176	179	168	165
	Día no hábil	135	147	157	167	156	178	178	172	179

MEDIA	134	151	156	157	166	170	175	170	174
DESVIACIÓN	13	10	20	13	14	14	9	5	6
RANGO	147	161	176	169	179	184	184	175	179
	121	140	135	144	152	156	166	165	168

Fuente: Elaboración propia liviano

Depurando los datos que se encuentra con negro, se encontró el volumen total para cada acceso de las intersecciones.

MEDIA	134	152	154	157	167	171	176	169	173
MEDIA TOTAL	147			165			173		

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos es decir entre qué valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Se calcula la media de cada grupo de los datos de volúmenes vehiculares como se muestra en la tabla, de las cuatro semanas con su correspondiente horario de aforo, seguidamente se calcula la desviación estándar para poder establecer los rangos para determinar qué datos serán los que no corresponden para el cálculo final. Se procede a la depuración de datos alejados los cuales se muestran en la tabla.

Una vez depurados se procede a realizar un nuevo cálculo para la obtención de la media de cada acceso, con estos valores se calcula la media de cada uno de los accesos. Para las demás intersecciones se realiza el mismo procedimiento.

Para las demás intersecciones se realiza el mismo procedimiento. En anexos A se añaden el resumen de datos y resultados de aforos para todas las intersecciones estudiadas con cada uno del acceso.

Resumen de resultados del volumen vehicular de todas las intersecciones

En la siguiente tabla se muestra los resultados totales de volúmenes vehiculares pesados y liviano de todas las intersecciones con sus respectivos accesos.

Tabla 29. Resumen de volúmenes total del transporte pesado

VOLUMEN TOTAL DEL TRANSPORTE PESADO					
Intersección I	A-1	30	Intersección IX	A-1	32
	A-2	32		A-2	33
	A-3	33		A-3	0
TOTAL		95	TOTAL		65
Intersección II	A-1	36	Intersección X	A-1	31
	A-2	31		A-2	33
	A-3	34		A-3	0
				A-4	0
TOTAL		101	TOTAL		64
Intersección III	A-1	38	Intersección XI	A-1	35
	A-2	32		A-2	34
	A-3	30		A-3	0
	A-4	21		A-4	0
TOTAL		121	TOTAL		69
Intersección IV	A-1	32	Intersección XII	A-1	36
	A-2	36		A-2	37
	A-3	29		A-3	0
				A-4	0
TOTAL		97	TOTAL		73
Intersección V	A-1	33	Intersección XIII	A-1	37
	A-2	35		A-2	36
				A-3	0
				A-4	0
TOTAL		68	TOTAL		73
Intersección VI	A-1	28	Intersección XIV	A-1	36
	A-2	31		A-2	35
	A-3	0		A-3	0
TOTAL		59	TOTAL		71
Intersección VII	A-1	31	Intersección XV	A-1	37
	A-2	32		A-2	38
	A-3	0		A-3	0
TOTAL		63	TOTAL		75
Intersección VIII	A-1	31			
	A-2	29			
	A-3	0			
TOTAL		60			

Fuente: Elaboración propia

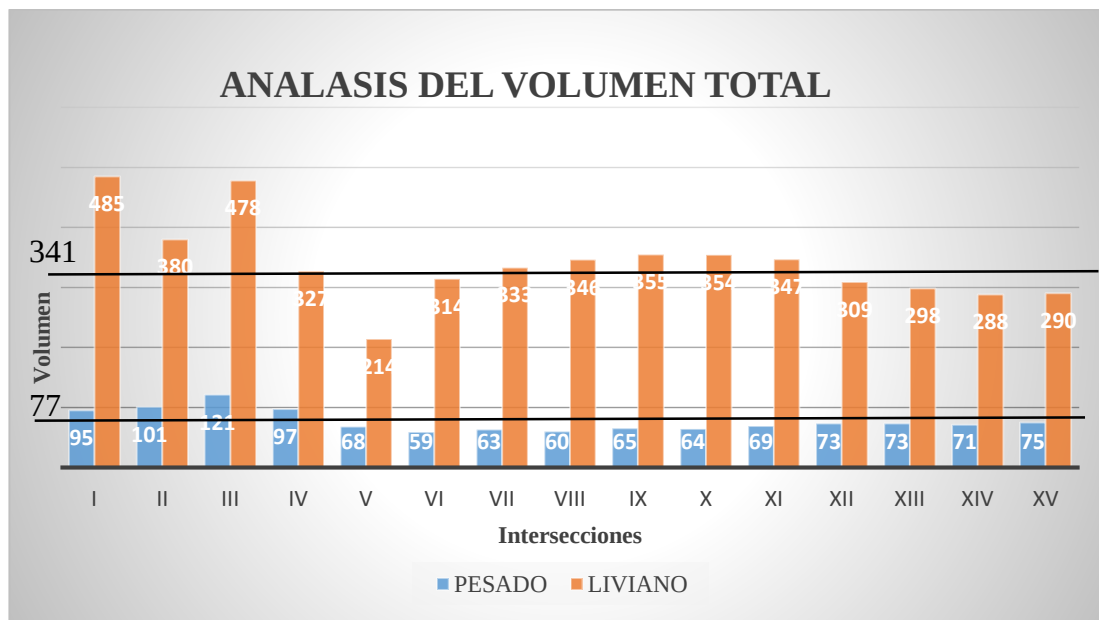
Tabla 30. Resumen de volumen total de transporte liviano

VOLUMEN TOTAL DEL TRANSPORTE LIVIANO					
Intersección I	A-1	147	Intersección IX	A-1	130
	A-2	165		A-2	127
	A-3	173		A-3	98
TOTAL		485	TOTAL		355
Intersección II	A-1	141	Intersección X	A-1	134
	A-2	145		A-2	133
	A-3	94		A-3	53
TOTAL		380	TOTAL		354
Intersección III	A-1	144	Intersección XI	A-1	134
	A-2	142		A-2	135
	A-3	95		A-3	42
TOTAL		478	TOTAL		347
Intersección IV	A-1	97	Intersección XII	A-1	136
	A-2	139		A-2	138
	A-3	91		A-3	17
TOTAL		327	TOTAL		309
Intersección V	A-1	116	Intersección XIII	A-1	136
	A-2	98		A-2	137
				A-3	12
TOTAL			214	TOTAL	
Intersección VI	A-1	126	Intersección XIV	A-1	138
	A-2	101		A-2	137
	A-3	87		A-3	13
TOTAL		314	TOTAL		288
Intersección VII	A-1	125	Intersección XV	A-1	139
	A-2	124		A-2	136
	A-3	84		A-3	15
TOTAL		333	TOTAL		290
Intersección VIII	A-1	132			
	A-2	136			
	A-3	78			
TOTAL		346			

Fuente: Elaboración propia

Se muestran graficas representativas para el transporte pesado y liviano de cada intercesión con su respectivo volumen.

Figura 33. Análisis del volumen total



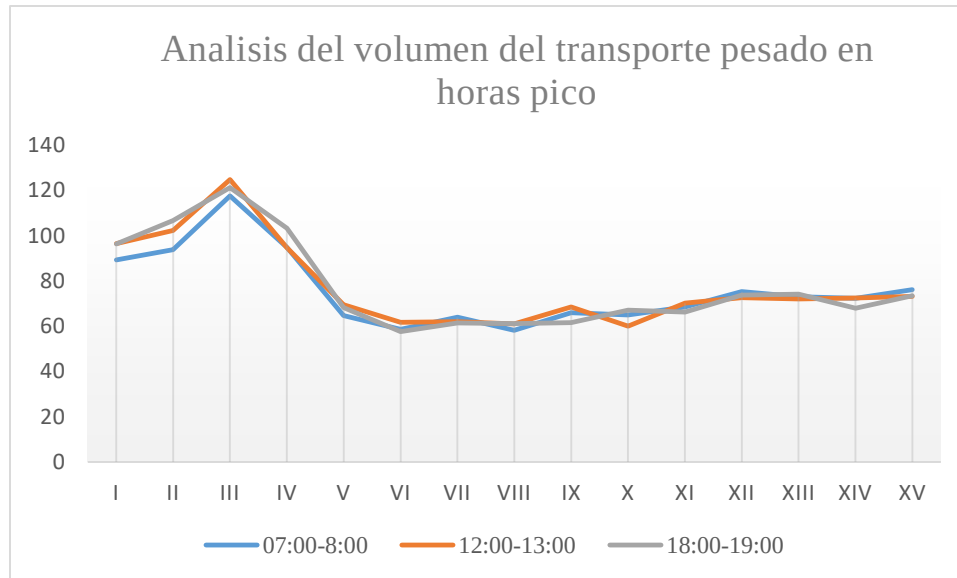
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 29 se muestra los volúmenes totales de cada intersección para el transporte pesado y liviano. En el transporte pesado se puede ver que la intersección I, II, III y IV que vendría ser parte de la avenida Bolivia sobre pasa la media total de todas las intersecciones es decir que tiene más incremento del transporte pesado, las demás intersecciones se encuentran debajo de la media total que sería la avenida Tarija. En el transporte liviano las intersecciones I, II, III, VIII, IX, X y XI se encuentran arriba de la media total teniendo los mayores volúmenes que las otras intercesiones que sería entre las avenidas Bolivia y Tarija.

Análisis del transporte pesado

Mediante las gráficas podremos analizar en las horas pico de acuerdo a cada intersección.

Tabla 31. Análisis del volumen del transporte pesado en las horas pico



Fuente: Elaboración propia

Se puede identificar que la intersección III es de mayor volumen en las diferentes horas pico con un total de 121 veh. porque se encuentra con una dispersión alta en la gráfica de acuerdo a las horas pico, la dispersión de las demás intersecciones en volúmenes se mantiene en bajada no muy dispersar a las horas pico.

4.1.3 Capacidad y Nivel de servicio

Con todos los datos recabados en campo y con la ayuda de las tablas proporcionadas por Highway Capacity Manual (HCM), calcularemos los niveles de servicio en todas las intersecciones.

Mediante el método de HCM con las tablas que indican teniendo como referencia los siguientes datos.

SF = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

V/C = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

Fr = Factor de reparto por sentido

Fa = Factor para anchos de carril y berma

FL = Factor de vehículo liviano

Fpv = Factor de vehículos pesados.

Procedimiento de cálculos

Se muestra el desarrollo de la primera intercepción de la capacidad real y el nivel de servicio de acuerdo al procedimiento del HCM con todos los datos obtenido en la medición de campo.

CALCULO DE LA CAPACIDAD REAL

$$CAP. REAL = 2800 * \frac{V}{C} * Fr * Fa * FL * Fvp$$

DATOS

Pendiente	4 %
% de zona de prohibición de adelanto	20 %
% de trafico de subida	65.98 %
% de vehículo liviano subida	65.93 %
% de vehículo pesado subida	66.29 %
% de vehículo de camiones	14 %
Velocidad media de subida	38.62 Km/h

• RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD V/C (TABLA-8)

Pendiente	4 %
% Zona de prohibición de adelanto	20 %
Velocidad media de subida	38.62 km/h

V/C=	1
------	---

- FACTOR DE REPARTO POR SENTIDO "Fr" (TABLA-9)

% tráfico de subida 65.98 %

Fr	0.82
----	------

- FACTOR DE ANCHO Y BERMA "Fa" (TABLA-10)

Ancho de carril 3.8 m

Ancho de Berman 0 m

Fa=	0.7
-----	-----

- FACTOR DE VEHÍCULO LIVIANO "FL"

$$FL = \frac{1}{1 + (PL * IL)}$$

% de vehículo mediano de subida 65.93 %

longitud del tramo 550 m

pendiente 4 %

velocidad media de subida 38.13 Km/h

$$IL = 0.02(E - E_o)$$

E= 1.71 tabla-11

Eo= 1.3 tabla-11

IL=	0.0083
-----	--------

FL=	0.99
-----	------

- FACTOR POR VEHÍCULO PESADOS "Fvp"

$$Fvp = \frac{1}{1 + Pvp(Evp - 1)}$$

% de vehículo pesado 66.29

% de vehículo camiones 14

E 1.7125

$$Evp = 1 + (0.25 + \frac{Pc}{vp}) (E-1)$$

Ev _p =	1.40
-------------------	------

Fv _p =	0.79
-------------------	------

CAPACIDAD REAL=	1263
-----------------	------

NIVEL DE SERVICIO

Volumen total=	579
Capacidad real=	1263

V/C=	0.46
------	------

% de prohibición de adelantar 20 %
Terreno ondulado

NIVEL DE SERVICIO	D	Tabla-12
--------------------------	----------	----------

De acuerdo a los cálculos realizados se tiene la tabla con los siguientes resultados de cada uno de las intersecciones. Para el nivel de servicio ya teniendo todas las capacidades reales de cada acceso y los volúmenes totales, se calculó la relación V/C volumen dividido entre la capacidad con ese valor se entra a la tabla de nivel de servicio del método HCM y se elige el tipo de nivel de servicio de cada acceso.

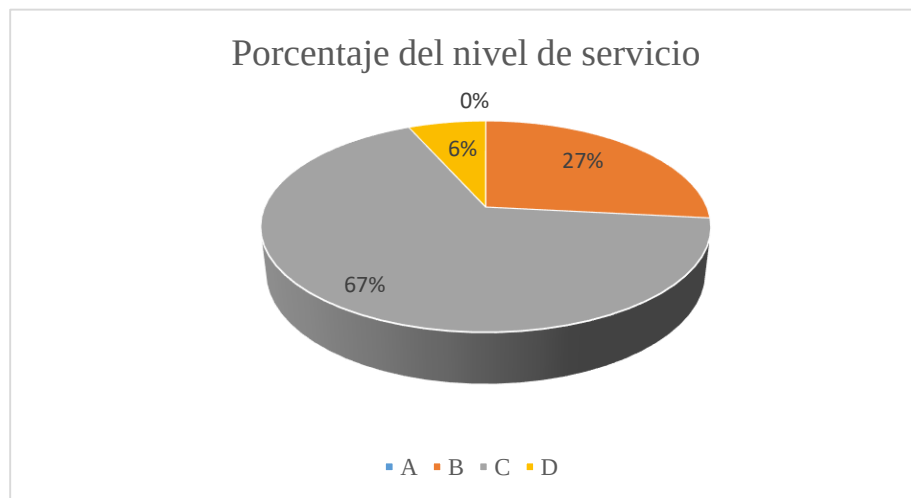
En la tabla 32 se muestra un análisis y resumen de la capacidad real de cada intersección de acuerdo al volumen y también el nivel de servicio con su descripción de cada flujo.

Tabla 32. Análisis y resultados de la capacidad real y nivel de servicio

Intersección	Volumen total (Veh. /h/)	Capacidad real (Veh. /h)	V/C	Nivel de Servicio	Descripción del flujo
I	579	1263	0.46	D	Flujo inestable
II	481	1262	0.38	C	Próximo a flujo inestable
III	599	1596	0.38	C	Próximo a flujo inestable
IV	425	1389	0.31	C	Próximo a flujo inestable
V	281	1540	0.18	B	Flujo estable
VI	374	1322	0.28	C	Próximo a flujo inestable
VII	396	1392	0.28	C	Próximo a flujo inestable
VIII	405	1399	0.29	C	Próximo a flujo inestable
IX	420	1361	0.31	C	Próximo a flujo inestable
X	419	1547	0.27	C	Próximo a flujo inestable
XI	417	1594	0.26	C	Próximo a flujo inestable
XII	384	1599	0.24	C	Próximo a flujo inestable
XIII	371	1595	0.23	B	Flujo estable
XIV	358	1559	0.23	B	Flujo estable
XV	364	1564	0.23	B	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Porcentaje de acuerdo al nivel de servicio

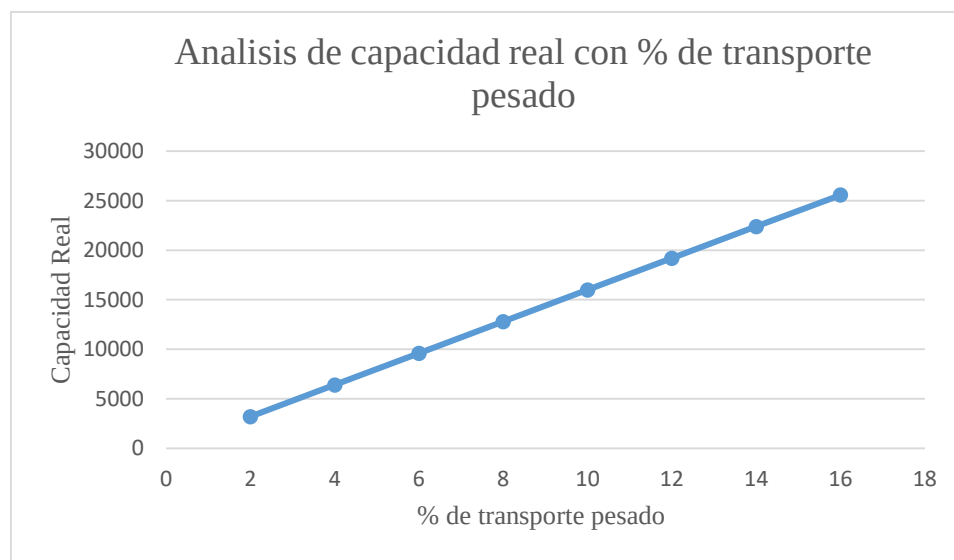


Fuente: Elaboración propia

La grafica muestra los porcentajes del nivel de servicio teniendo el nivel de servicio C con un 67%, B con 27%, D 6% y 0% con el nivel de servicio A.

Capacidad Real con el porcentaje de transporte pesado de cada intersección

En la gráfica se muestra un análisis que se desarrolló en cada intersección hallando la capacidad real con el porcentaje del transporte pesado de cada intersección.



Fuente: Elaboración propia

En la intersección I el porcentaje del transporte pesado es de 16%, en la gráfica se puede identificar cada cierto porcentaje, hasta llegar al porcentaje del transporte pesado de esa intersección, teniendo como resultado una recta subiendo la capacidad real en cada porcentaje.

Las graficas de las intersecciones se encuentra en anexo D

4.1.4 Diseño de estacionamiento

El objetivo fundamental dentro del estudio ya sea para una vía, o zona o en conjunto para todo el trazo urbano es la determinación de la oferta de estacionamiento y la demanda del mismo y a partir de estos dos elementos tratar de encontrar un equilibrio entre ambos.

El estudio realizado nos permite identificar zonas con alta demanda de estacionamientos y verificar si la oferta es capaz de satisfacer a la demanda.

La metodología empleada nos indica realizar aforos en las cuadras donde existe estacionado el transporte pesado, anotando las placas de los vehículos que se encontraban haciendo uso de los estacionamientos en periodos de cada 10 min. durante 1 hora en la hora pico como indica en la tabla 20.

Procedimiento de calculo

Con los datos recabados de la medición de campo desarrollaremos nuestro cálculo para la oferta y demanda. Se presenta el desarrollo del primer estacionamiento.

DESARROLLO DEL ESTACIONAMIENTO

DEMANDA DE ESTACIONAMIENTO POR
HORA

07:00-8:00	11
12:00-13:00	10
18:00-19:00	14

DEMANDA MÁXIMA HORARIA	14	Vehículos
------------------------	----	-----------

$OFERTA = N^{\circ} DE CASILLAS * INDICE DE OCUPACION$
--

$$N^{\circ} DE CASILLAS = \frac{Long. de la cuadra}{Long. del camion} - Ancho del camion$$

Long. Del camión= 12.6 m
 Ancho del camión= 2.6 m
 Long. De la cuadra= 550 m
 Índice de ocupación= 2.0

OFERTA	82
--------	----

casillas

$$DEMANDA = N^{\circ} \text{ DE VEHICULO PARA ESTACIONARCE} * \text{INDICE DE OCUPACION}$$

$$INDICE DE OCUPACION = \frac{N^{\circ} \text{ Maximo de vehiculo}}{N^{\circ} \text{ de casillas}}$$

N.º Máximo de vehículo= 14 vehículo
 N.º de casillas= 7 casillas

ÍNDICE DE OCUPACIÓN= 2.0 vehículo/casillas

DEMANDA	28.0
---------	------

casillas

Teniendo el desarrollo del procedimiento del estacionamiento de una intersección se determinó el mismo procedimiento para cada intersección, en lo cual solo se desarrolló en la Av. Bolivia porque es una de las avenidas que se encontraba con estacionamiento del transporte pesado.

En la siguiente tabla 33 se muestra en resumen de todos los cálculos realizado para estacionamiento en la avenida Bolivia.

Tabla 33. Análisis y resultados del estacionamiento

ANÁLISIS Y RESULTADO DE ESTACIONAMIENTO EN LA AVENIDA BOLIVIA					
Avenida Bolivia	Índice de ocupación (veh. /casillas)	Longitud de intersección (mts)	Demanda máxima de veh.	Oferta (casillas)	Demanda (casillas)
C.HUGO SALAZAR-C. CHOROLQUE	2.00	550	14	82	28
C.CHOROLQUE-C. HUGO SALAZAR	1.29	550	9	53	12
C.CHOROLQUE-C. YAGUACUA	1.44	800	13	88	19
C.YAGUACUA-C. CHOROLQUE	1.11	800	10	68	11
C. YAGUACUA-C. AGUAYREND	1.83	550	11	75	20
C. AGUAYREND-C. YAGUACUA	1.83	550	11	75	20
C. AGUAYREND-C.LA PAZ	2.60	380	13	72	34
C.LA PAZ- C. AGUAYREND	2.20	380	11	61	24

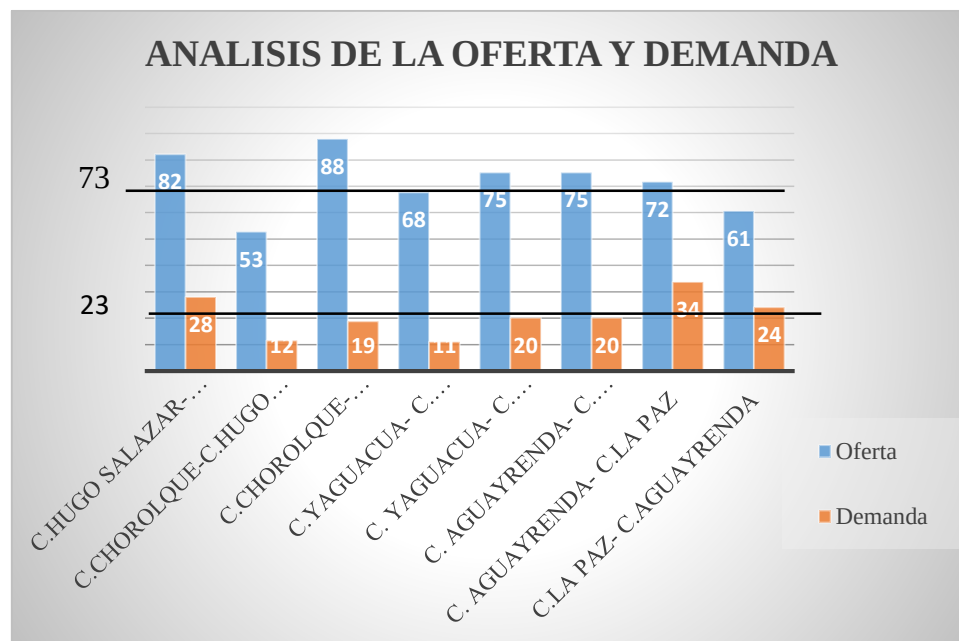
Fuente: Elaboración propia

Se desarrollo el análisis del estacionamiento solo en la avenida Bolivia debido que existen vehículos del transporte pesado estacionados ocasionando un tráfico vehicular, en la avenida Tarija no se consideró estacionamiento por lo que generalmente el transporte pesado circula recto de salida o entrada sin estacionarse.

De acuerdo al resumen de los resultados del estacionamiento en la avenida Bolivia, podemos ver que la oferta es mayor a la demanda que por lo general satisface a todas las casillas que se empleó en dicho diseño.

El índice de ocupación se encuentra entre un rango de 1.11 a 2,60 (Veh. /Casillas) esto quiere decir que un vehículo de transporte pesado tiene ocupado o estacionado las casillas entre ese rango establecido por el cálculo realizado.

Tabla 34. Análisis de la oferta y demanda



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica podemos analizar que la media total en la demanda sobre pasa en la C. Aguayrenda- C. La Paz de entrada y salida como también en la C. Hugo Salazar y así mismo con la demanda máxima que se encontraría en la C. Aguayrenda-C. La Paz de entrada. La oferta máxima se encuentra en la intersección de la C. Chorolque-C. Yaguacua teniendo de longitud de 800 m., las intersecciones que sobrepasa a la media total de la oferta está entre C. Yaguacua-C. Aguayrenda de entrada y salida, C. Hugo Salazar y C. Chorolque – Yaguacua.

4.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En base a la información recaudada y el análisis de los parámetros, los datos muestran que la avenida con mayor circulación de transporte pesado es la Av. Bolivia que es el único acceso hacia San José de pocitos. También se puede ver que la Av. Tarija no

cuenta con el ancho de carril adecuado para que sea una avenida de doble sentido. Para lo cual se tiene las siguientes propuestas de solución.

- Se puede observar que existe un incremento de volumen vehicular del transporte pesado en todas las intersecciones de la Av. Bolivia; por tal motivo se propone lo siguiente: restringir en las horas 6:30 am a 8:30 am, 11:30 a 13:30 y de 5:30 pm a las 7:30 pm de lunes a viernes para los vehículos pesados particulares con placas terminadas en 0 y 1 el lunes; los martes los terminados en 2 y 3, miércoles 4 y 5; y así sucesivamente. Los sábados y domingos no operará la medida. Cada tres meses se rotará los días para cada par de números, así para bajar el volumen del transporte pesado en la hora pico.
- Otra alternativa seria de mejorar la educación vial tanto de los peatones como de los conductores de transporte pesado. Una de las alternativas importantes como posible solución es la que tiene que ver con la educación vial, tarea que la unidad de Trafico y Transporte de la ciudad de Yacuiba ha venido llevando a cabo en el último año en coordinación con colegios y unidades educativas de nuestro medio, sin embargo todavía resulta insuficiente y hace falta que se involucre a mayor cantidad de actores sociales e instituciones del transporte pesado para llegar a concientizar a toda la población de utilizar correctamente la educación vial.
- Existe la posibilidad de habilitar una calle para el acceso exclusivo para transporte pesado de la Av. Tarija por lo que no cuenta con ancho de carril adecuado y que también transitan tanto transporte pesado y liviano. Por ejemplo, cambiar la avenida Tarija por la calle Chuquisaca que se encuentra a la paralela a la avenida, teniendo como único acceso para transporte pesado.

4.2.1 EVALUACIÓN TÉCNICO, ECONÓMICO Y SOCIAL

Se muestra en la tabla- 35 un análisis de las tres propuestas tanto en los técnicos, económico y social, con sus ventajas y desventajas que se tiene cada propuesta en el proyecto.

Tabla 35. Evaluación técnico, económico y social

EVALUACIÓN	Propuesta 1		Propuesta 2		Propuesta 3	
	Ventajas	Desventajas	Ventaja	Desventaja	Ventaja	Desventaja
TÉCNICO	Volumen total de las intersecciones estudiadas es de 1154 veh/h de vehículos del transporte pesado en el tramo. lo cual asiendo un análisis por placa disminuirá de acuerdo al número de terminación.	El usuario se perjudica por las restricciones de placas	El usuario mediante espot publicitario, talleres y letreros informativo tendrán más conocimiento de un ordenamiento vial.	Se tiene un costo publicitario que se encuentra fuera del proyecto.	El total de transporte que circula por la avenida Tarija es de 3234 veh/h entre el transporte pesado y liviano, el transporte pesado circula 672 veh/h lo cual pasara por la calle Chuquisaca y 2562 de transporte liviano.	El transporte pesado tendrá que circular por otra calle y eso perjudica tiempo y gastos.

ECONÓMICO		El presupuesto para esta alternativa es de 25642.8514 Bs		El presupuesto total para esta alternativa es de 20599.3862 Bs	Una de la ventaja es que tiene un costo menos a las demás propuestas.	El presupuesto total es de 14353.7826 Bs
SOCIAL	El usuario peatón se encontrará conforme porque no habrá un alto tráfico pesado.	El usuario del transporte pesado no estará conforme debido que tendrá muchas restricciones de placas de acuerdo a terminación numeral.	El usuario es muy beneficiado debido a que todos nos interesa saber sobre la educación vial.	Existe la posibilidad de que algunos conductores y peatones se muestren reacios a modificar sus comportamientos y hábitos de tránsito, a pesar de recibir educación vial.	La población de San José de Pocitos se beneficiará debido a que no habrá más problema del transporte pesada en la Av. Tarija	Que el transporte pesado gastara tiempo y recurso por pasar por otra calle que no es recta al puente internacional.

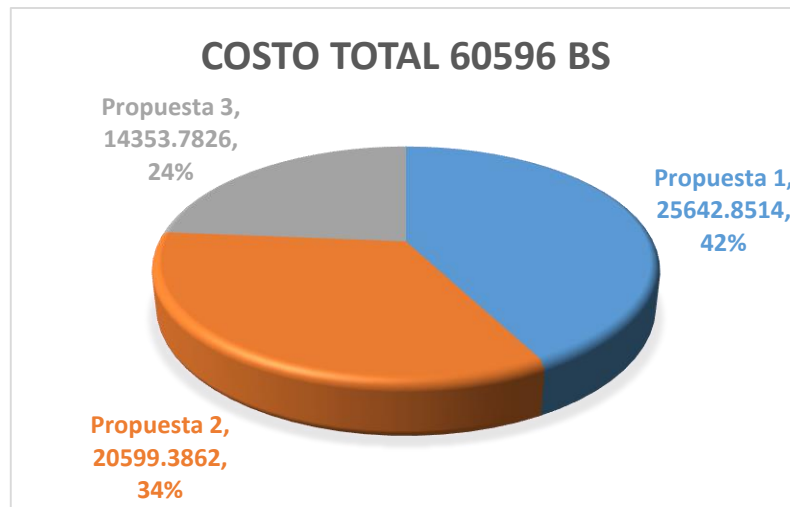
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Presupuesto general por propuestas

Cod.	Ítem	Unid.	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Parcial (Bs)
Propuesta 1 Restricción vehicular de placas					25642.851
1.1	Información en redes sociales	mes	1.0	3500	3500
1.2	Información en la televisión	seg	15.0	35	525
1.3	Letrero informativo	Pza	2.0	750.77	1501.5314
1.4	Talleres de información a choferes	-	5.0	4023.26	20116.32
Propuesta 2 Educación vial					20599.386
2.1	Talleres informativos	-	3.0	4023.26	12069.792
2.2	Letrero informativo	Pza	6.0	750.77	4504.5942
2.3	Publicidad en redes sociales	mes	1.0	3500	3500
2.4	publicidad en televisión y radio	seg	15.0	35	525
Propuesta 3 Señalización en la nueva circulación					14353.783
3.1	Letrero de Prohibición	Pza	4.0	834.766	3339.0628
3.2	Letrero de Informativo	Pza	8.0	750.77	6006.1256
3.3	Letrero direccional Derecha e izquierda	Pza	6.0	834.766	5008.5942
Costo total					60596.020

Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Costo por cada propuesta



Fuente: Elaboración propia

4.3 SIMULACIÓN DE TRÁFICO MEDIANTE PROGRAMA SYNCHRO 8

Para complementar el trabajo se realizado la simulación del tramo estudiado se procedió a utilizar Synchro Plus un paquete de software para el modelado, optimización, gestión y simulación de sistemas de tráfico que nos facilitara ver el diseño de las vías aledañas y los niveles de servicio de las intersecciones más cercanos a los edificios. El siguiente es un resumen de las características clave de Synchro Plus y de las características más utilizadas en nuestro trabajo Synchro implementa la utilización Intersección Capacidad (UCI) Método 2003 para determinar capacidad de intersección. Este método compara el volumen actual de las intersecciones finales de capacidad también implementa los métodos de la HCM 2000 y recientemente lanzado 2010. Debido a las condiciones de nuestras intersecciones se procedió a modelar y realizar el cálculo en intersecciones mediante un método desarrollado en el programa.

4.3.1 Simulación con los datos obtenidos actuales

Con los volúmenes obtenidos de los vehículos tanto para el transporte pesado y liviano se realizó la simulación en el programa en el tramo cargado los datos en su respectiva intersección.

Figura 36. Situación actual en el tramo



Fuente: Programa Synchro 8

Figura 37. Nivel de servicio actuales



Figura 38. Simulación en la Av. Bolivia



Figura 39. Simulación en la Av. Tarija



4.3.2 Simulación proyectada en 10, 20 y 30 años

Conocida la situación de la circulación vehicular del transporte pesado y liviano en el tramo Yacuiba-Pocitos, de acuerdo a los datos obtenidos y procesados se decidió proyectar a información para conocer como variara la circulación debido al incremento del flujo vehicular para diferentes periodos (T=10, T=20, T=30) años.

Tabla 37. Reporte por universo por gestiones

N.º	Gestión	Total de vehículos
1	2015	14438
2	2016	15610
3	2017	16358
4	2018	16837
5	2019	17249
6	2020	17544
7	2021	17893
8	2022	18270
9	2023	18612
10	2024	18706

Fuente: Gobierno municipal de Yacuiba

Proyección aritmética:

$$i(\%) = \frac{V_f - V_o}{V_o * T} * 100$$

Donde:

Vo= Volumen inicial

Vf= Volumen final

T=Años

i= Índice de crecimiento

Tabla 38. Índice de crecimiento

Índice de crecimiento			
Intervalo	Vf	Vo	i(%)
2021-2020	17893	17544	1.99
2016-2015	15610	14438	8.12
2024-2023	18706	18612	0.51
Promedio			3.54

Fuente: Elaboración propia

Conocida la situación de la circulación vehicular en el tramo Yacuiba- Pocitos de acuerdo a los datos obtenidos y procesados se decidió proyectar a información para conocer como variara la circulación debido al incremento del flujo vehicular para diferentes periodos (T=10, T=20, T=30) años.

Teniendo el índice de crecimiento encontramos el volumen proyectado en los diferentes periodos de años, se realizó con el volumen total de transporte pesado y liviano para luego realizar la simulación.

Tabla 39. Proyección de volumen T=10, T=20 y T=30 años

Intersección I (Av. Bolivia- C. Hugo Salazar)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	177	3.54	240	302	365
2	197	3.54	267	336	406
3	206	3.54	279	352	425
4					
Intersección II (Av. Bolivia- C. Chorolque)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	177	3.54	240	302	365
2	176	3.54	238	301	363
3	128	3.54	173	219	264
4					
Intersección III (Av. Bolivia- C. Yaguacua)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	182	3.54	246	311	375
2	174	3.54	236	297	359
3	125	3.54	169	213	258
4	118	3.54	160	201	243
Intersección IV (Av. Bolivia- C. Aguayrenda)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	129	3.54	175	220	266
2	175	3.54	237	299	361
3	120	3.54	162	205	247
4					
Intersección V (Av. Tarija - C. La Paz)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	149	3.54	202	254	307
2	133	3.54	180	227	274
3					
4					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Proyección de volumen T=10, T=20 y T=30 años

Intersección VI (Av. Tarija- C. Camatindi)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	154	3.54	208	263	317
2	132	3.54	179	225	272
3	87	3.54	118	149	179
4					
Intersección VII (Av. Tarija- C. Chuquisaca)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	156	3.54	211	266	322
2	156	3.54	211	266	322
3	84	3.54	114	143	173
4					
Intersección VIII (Av. Tarija- C. Villamontes)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	163	3.54	221	278	336
2	165	3.54	223	282	340
3	78	3.54	106	133	161
4					
Intersección IX (Av. Tarija- C. San Alberto)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	162	3.54	219	277	334
2	160	3.54	217	273	330
3	98	3.54	133	167	202
4					
Intersección X (Av. Tarija- C. Tupiza)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	165	3.54	223	282	340
2	166	3.54	225	283	342
3	53	3.54	72	90	109
4	34	3.54	46	58	70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Proyección de volumen T=10, T=20 y T=30 años

Intersección XI (Av. Tarija- C. Beni)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	169	3.54	229	289	348
2	169	3.54	229	289	348
3	42	3.54	57	72	87
4	36	3.54	49	61	74
Intersección XII (Av. Tarija- C. Oruro)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	172	3.54	233	294	355
2	175	3.54	237	299	361
3	17	3.54	23	29	35
4	18	3.54	24	31	37
Intersección XIII (Av. Tarija- C. Cochabamba)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	173	3.54	234	295	357
2	173	3.54	234	295	357
3	12	3.54	16	20	25
4	13	3.54	18	22	27
Intersección XIV (Av. Tarija- C. Santa Cruz)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	174	3.54	236	297	359
2	172	3.54	233	294	355
3	13	3.54	18	22	27
4					
Intersección XV (Av. Tarija- C. Yacuiba)					
Acceso	Vo (Veh/hr)	i (%)	Volumen proyectado		
			T= 10 años	T=20 años	T=30 años
1	176	3.54	238	301	363
2	174	3.54	236	297	359
3	15	3.54	20	26	31
4					

Fuente: Elaboración propia

Con el volumen calculado se realizó la simulación para cada tiempo de años de la misma manera como se realizó en lo actual, a continuación, se muestra imágenes del programa para un periodo de 10 años.

Figura 40. Simulación Av. Bolivia en T=10 años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 41. Simulación Av. Tarija en T=10 años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 42. Nivel de servicio en T=10 años



Fuente: Programa Sychro 8

Para un T= 20 años se simulo de la misma manera

Figura 43. Simulación Av. Bolivia en T=20 años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 44. Simulación Av. Tarija en T=20 años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 45. Nivel de servicio en T=20 años



Fuente: Programa Sychro 8

Para un periodo de retorno $T=30$ años

Figura 46. Simulación Av. Bolivia en $T=30$ años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 47. Simulación Av. Tarija en $T=30$ años



Fuente: Programa Sychro 8

Figura 48. Nivel de servicio en $T=30$ años



Fuente: Programa Sychro 8

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

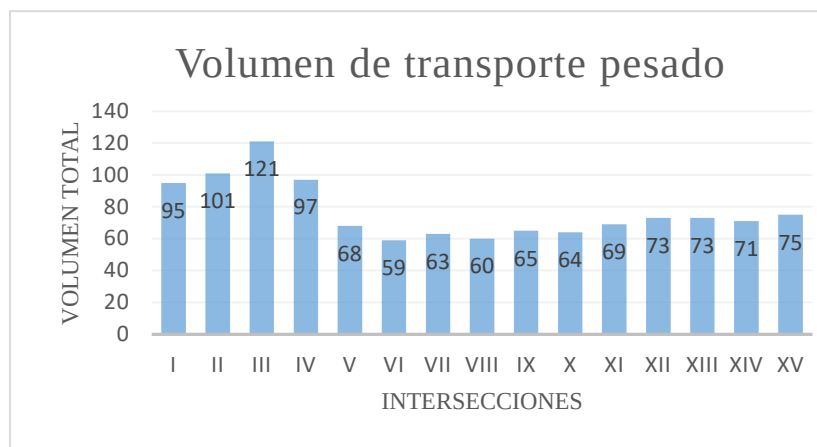
En función a los capítulos del trabajo de investigación y de análisis de resultado se concluye lo siguiente:

- De la teoría de fundamentos teóricos de la ingeniería de tráfico se adquirió conceptos y conocimientos, del cual se realizó un análisis minucioso de los componentes del objeto de estudio de la investigación.

Para el volumen de circulación para transporte pesado

- Se recopiló toda la información necesaria para hacer el estudio de tráfico vehicular para el transporte pesado tomando en cuenta diferentes características para dichos aforos de volúmenes y tiempos. De la cual se obtuvo volúmenes de tráfico promedio horario de las Av. Bolivia y Tarija.
- Se presenta la composición de volúmenes para distintas intersecciones de las dos avenidas, en lo cual son las únicas avenidas de circulación para el transporte pesado siendo una ciudad fronteriza se evaluó en específico al transporte pesado, teniendo como 15 intersecciones con respectivos accesos.
- En la depuración de los volúmenes y análisis de los cálculos, se puede apreciar que en la Av. Bolivia se encuentra el mayor volumen de transporte pesado. En la intersección III de la Av. Bolivia tuvimos un volumen máximo de 121 Veh/h siendo el mayor volumen de todo el tramo, teniendo mucha dispersión de volumen en cada intersección de dicha avenida. También se puede apreciar en la gráfica que la Av. Tarija se mantiene con un flujo vehicular estable teniendo poca dispersión entre cada intersección.

Figura 49. Volumen de transporte pesado



Fuente: Elaboración propia

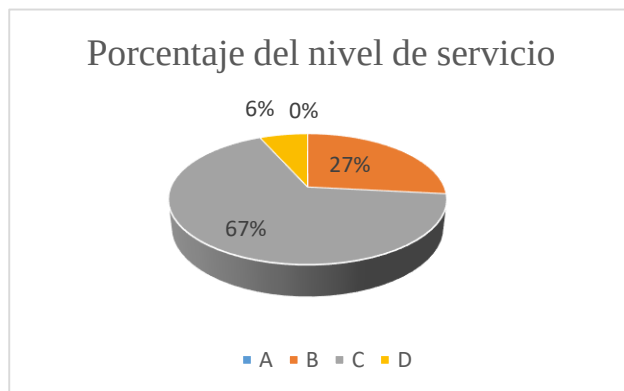
Para la velocidad se tiene:

- La velocidad máxima en las diferentes intersecciones arrojó velocidades que oscilan entre 28 km/h. y 38 km/h., los vehículos pesados circulan casi a una misma velocidad en todos los puntos de estudio, existiendo una diferencia mínima entre ellas.
- Se presentan velocidades mayores que dificultan la circulación del transporte liviano por que en dicha avenida igual circulan.

Para la capacidad y niveles de servicio se tiene:

- Aplicados los criterios del Manual de Capacidad de carreteras a las condiciones actuales y volúmenes actuales, se presenta que la primera intersección tiene un nivel de servicio D que vendría ser un flujo inestable mayores de todo el tramo.
- De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvieron los siguientes niveles de servicio que se mencionan (D, B, C), los cuales quieren decir que se tiene flujos estables y próximo a inestable.

Figura 50. Porcentaje del nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

- En tres calles se tienen niveles de servicio C con porcentaje de 67% de las cuales son: las intersecciones II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII son flujos próximos a inestables, y entre las intersecciones V, XIII, XIV y XV un flujo estable teniendo porcentaje total de 27% y por último la primera intersección que tiene un flujo inestable con un porcentaje de 6%.

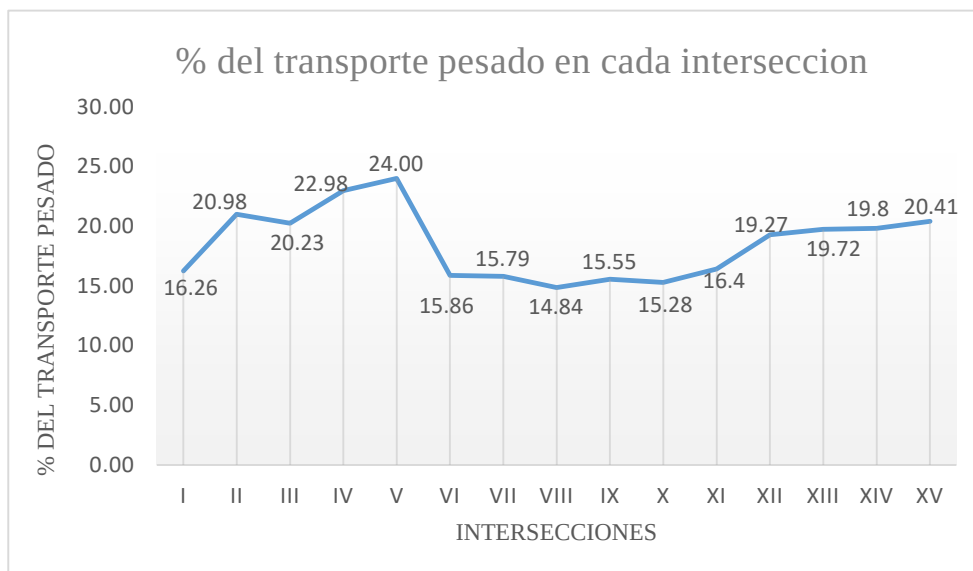
Del estudio realizado de estacionamiento se tiene:

- El uso de carriles como estacionamiento produce una baja significativa del nivel de servicio como se observa en las intersecciones ubicadas sobre la avenida Bolivia. No existe ningún tipo de problema de estacionamientos actuales ni futuros. La oferta es superior en ambos casos a la demanda.

Para el transporte pesado:

- De la evaluación del transporte pesado se llegó a la conclusión de que dicho tramo de estudio lo que mayormente circulan es el transporte liviano con 80 % máximo, teniendo como máximo de porcentaje de una intersección el 24 % del transporte pesado por lo cual es que mayormente ocasionan accidentes o tráfico vehicular.

Figura 51. Porcentaje del transporte pesado en cada intersección



Fuente: Elaboración propia

5.2 RECOMENDACIONES

- Se deben realizar un análisis muy minucioso en cuanto a las relaciones de los principales parámetros como ser volúmenes y velocidades de los cuales nos brindarán resultados de cómo se comporta el tráfico en nuestro lugar de estudio.
- Las entidades encargadas del mejoramiento del tránsito en vías carreteras, accesos a la ciudad y vías urbanas deben promocionar y concientizar a los conductores acerca de las normas de tránsito y educación vial, además es primordial el mantenimiento de las señales verticales y horizontales, para garantizar la funcionalidad de cada una de las vías de estudio.
- El municipio debe establecer restricciones para vehículos pesados en los que las vías no son aptas o no son adecuadas para su circulación, como es el caso de Av. Tarija, vía por la que ingresan vehículos de alto tonelaje, provocando la congestión vehicular y daños a la carpeta asfáltica, además de fatigar aún más la estructura del puente de la frontera de San José de Pocitos. En su defecto es

primordial habilitar vías alternas y que sean de circulación obligatoria para los vehículos pesados. Como también de rompes muelles y señalización.

- Es recomendable también la restricción de vehículos pesados y Buses en Horas pico con el objetivo de mejorar el flujo vehicular en los accesos a la ciudad de Yacuiba. Sin embargo, es necesario generar un espacio para el estacionamiento momentáneo para este tipo de vehículos en lo que dura la restricción.
- Las señales de tránsito vertical y horizontal deben estar en constante mantenimiento para garantizar el cumplimiento de las normas de tránsito y la seguridad de conductores y peatones. La información que reciban los usuarios peatones y conductores a través de estas señales de tránsito ayudara a tener una circulación ordenada y segura.
- En la zona de estudio pedimos constatar que algunos árboles no permiten la correcta visibilidad de las señales de tránsito y de los semáforos por lo que se sugiere a los órganos competentes la poda de dichos árboles para mejorar la visibilidad y evitar posibles accidentes, como ser en la Av. Bolivia que cuenta con una jardinera por el centro de la avenida.