

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La aparición del automóvil como medio de transporte es relativamente reciente en la historia humana, desde su aparición la tecnología ha permitido que los automóviles sean cada vez más rápidos, confortables y más amplios, también las vías tuvieron que mejorar con el tiempo generando en la actualidad complejos sistemas de redes viales.

Durante muchos años la metodología para la solución de los problemas de tráfico fueron empíricas, sin embargo, esta forma de solucionar los problemas no era eficiente, razón por la cual, se ve la necesidad de desarrollar soluciones con base científica, a través de la ingeniería, aplicando estudios de tráfico.

Los estudios de tráfico son una herramienta esencial en la ingeniería aplicada que permite estudiar el comportamiento del tráfico, para este propósito las variables que se analizan son el volumen vehicular, la velocidad de circulación y la densidad de tráfico.

El relevamiento de datos en campo es fundamental para su posterior procesamiento, análisis y postulado de soluciones.

En Bolivia el eje troncal constituido por las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz es donde los problemas de tráfico son más visibles producto de una planificación deficiente o porque no se le ha dado la importancia suficiente a la problemática del tráfico vehicular. En la ciudad de Tarija, aunque más pequeña que las anteriores, ya existen vías donde el flujo vehicular en zonas urbanas representa un problema a resolver.

En el presente trabajo se realizará un estudio de tráfico en una de las principales vías del centro de la ciudad de Tarija.

Actualmente el centro de la ciudad tiene intersecciones críticas donde el tránsito vehicular es lento o congestionado, debido al alto índice de circulación de motocicletas se efectuarán aforos y mediciones de los volúmenes y velocidades de motocicletas en las intersecciones que son las variables que definen el comportamiento del tráfico, se procederá con la depuración de datos para trabajar con datos confiables, también se determinan los niveles de servicio en las intersecciones y finalmente se presentan algunas alternativas para mejorar los estacionamientos y espacios que permitan la mejor circulación vehicular.

1.2 Situación problemática

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas el incremento de automóviles es de 6,3% para Tarija durante el periodo de 2019 y 2020, este aumento del parque automotor implica también cambios en los volúmenes de tránsito en las diferentes arterias de Tarija. El centro de la ciudad de Tarija ya adolece de ciertos problemas de tránsito tales como los congestionamientos provocados por este incremento vehicular en determinadas horas.

Figura 1.1 Variación del número vehicular del 2019-2020

BOLIVIA: PARQUE AUTOMOTOR, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2019 - 2020
(En número de vehículos y porcentaje)

TIPO DE SERVICIO	2019		2020		VARIACIÓN PORCENTUAL
	Número de vehículos	Participación porcentual	Número de vehículos	Participación porcentual	
TOTAL	2.013.400	100,0	2.109.117	100,0	4,8
Chuquisaca	78.195	3,9	80.971	3,8	3,6
La Paz	471.873	23,4	493.878	23,4	4,7
Cochabamba	432.431	21,5	453.500	21,5	4,9
Oruro	103.299	5,1	106.644	5,1	3,2
Potosí	71.132	3,5	73.434	3,5	3,2
Tarija	114.423	5,7	118.439	5,6	3,5
Santa Cruz	686.970	34,1	725.549	34,4	5,6
Beni	49.419	2,5	50.582	2,4	2,4
Pando ⁽¹⁾	5.658	0,3	6.120	0,3	8,2

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT)2023

Se desconoce el volumen vehicular tanto de motocicletas y vehículos que demanda el centro de la ciudad de Tarija, lo que se observa preliminarmente es que existen determinadas horas donde la capacidad de los accesos es superada, razón por la cual se producen problemas de tráfico vehicular.

La Falta de espacios adecuados y la oferta actual de estacionamientos para motocicletas es insuficiente y mal distribuida, lo que obliga a los motociclistas a estacionar en lugares no autorizados o inapropiados, como aceras, áreas peatonales y espacios designados para otros tipos de vehículos. Esta situación genera congestión y dificulta la movilidad peatonal y vehicular.

La composición vehicular es un parámetro importante porque permite conocer cómo está configurado el volumen vehicular de motocicletas y los diferentes tipos de vehículos que

transita un acceso indicando de manera porcentual las motocicletas y los distintos tipos de vehículos.

Se desconoce el comportamiento del flujo vehicular durante las horas pico, es decir, no se sabe cómo está distribuido el volumen vehicular en los periodos críticos. El periodo crítico se asume el mismo para todas las vías principales del centro de la ciudad, sin embargo, no todas las intersecciones están trabajando bajo condiciones críticas al mismo tiempo, puede que una intersección esté con niveles de servicio de saturación y otra intersección no necesariamente.

1.2.1 Problema de investigación

¿Cómo evaluar la cantidad de oferta y demanda de estacionamiento de motocicletas en la vía pública en el centro de la ciudad de Tarija?

1.3 Justificación

El centro de la ciudad de Tarija son vías muy transitadas en especial el sector comprendido entre la Calle Sucre, Avenida Domingo Paz, Calle General Trigo y Calle Bolívar, Calle Ingavi, Calle Campero, La Madrid, Daniel Campos y Colón dichas calles son importantes para el sistema de arterias urbanas de la ciudad de Tarija por múltiples causas por este motivo es importante realizar estudios de tráfico para conocer el comportamiento del flujo de Motocicletas que por ella transita.

Desde un tiempo a esta parte el parque automotor ha ido en crecimiento constante y los volúmenes que transitan en el casco viejo de la ciudad también fueron en aumento, la zona se ha convertido poco a poco en un epicentro comercial más si se tiene en cuenta que la cantidad excesiva de motocicletas fue en ascenso progresivo dificultando el flujo vehicular en dichas vías.

Las motocicletas, debido a su menor estabilidad y visibilidad en comparación con otros vehículos, están involucradas en una proporción muy elevadas y significativa de accidentes de tráfico en el centro de la ciudad. Un estudio específico de estacionamiento de motocicletas puede identificar los factores que contribuyen a estos accidentes y proponer medidas para reducir su incidencia.

En la actualidad se puede observar periodos en los que el tránsito vehicular satura la capacidad de evacuación de las calles y avenidas del centro de la ciudad lo que provoca velocidades de tránsito lentas, congestionamiento, contaminación acústica y mal estar en

general debido al alto índice de motocicletas que existen circulando en las horas pico en el área de estudio.

Para resolver los problemas del flujo vehicular es necesario realizar un estudio que proporcione información suficiente sobre el comportamiento de la circulación de motocicletas y que describa la cantidad de estacionamientos y espacios para que se puedan parquear y así permitir el flujo constante y poder evitar el tráfico.

Sin la información suficiente no se puede realizar un análisis real de la problemática por ende no se puede plantear soluciones efectivas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la demanda y oferta de estacionamiento de motocicletas en la vía pública en el centro de la ciudad de Tarija, con el propósito de analizar la influencia del comportamiento de la circulación vehicular y peatonal, cuya información permita proponer alternativas de solución en el estacionamiento de motocicletas en el área de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las normativas, reglamentación y procedimientos en la circulación de motocicletas en el contexto vehicular.
- Determinar los tramos de estudio y su ubicación.
- Realizar los aforos de circulación vehicular particularizando la incidencia de las motocicletas en la circulación vehicular y peatonal en parámetros de velocidad, volumen, capacidad vehicular y estacionamiento.
- Realizar los cálculos necesarios en cada uno de los parámetros dentro del área de estudio.
- Determinar la cantidad y ubicación de los estacionamientos disponibles para motocicletas en el centro de Tarija durante los meses de enero a junio de 2024.
- Realizar un análisis de los resultados del comportamiento vehicular bajo influencia de las motocicletas para determinar algunos resultados.
- Realizar una comparación de los estacionamientos existentes con la oferta propuesta.
- Establecer conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado en función a los resultados obtenidos.

1.5 Hipótesis

¿Si se realiza una evaluación de la demanda y oferta de estacionamiento de motocicletas en la vía pública en el centro de la ciudad de Tarija, podremos mejorar un flujo más libre que se encuentre en condiciones más óptimas?

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

Tráfico vehicular.

Tabla N° 1.1 Variables independientes

Variable independiente	Dimensiones	Conceptualización	Indicador	Técnicas e instrumentos
Tráfico vehicular	Ancho de carril	Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones si la demanda de tránsito así lo exige,	Investigación realizada en las calles principales del centro de la ciudad de Tarija.	Se hará la respectiva medición de la infraestructura del ancho de carril con la ayuda de un flexo.
	Volumen de circulación de Tráfico	El volumen de tráfico de una calle es la cantidad y el tipo de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico.		Se realizará un aforo en los puntos críticos ya establecidos para ello se necesitará una planilla de vehículos privados y públicos.
	Longitud de vía	Es la distancia entre dos puntos considerados para realizar un acto.		Se realizará una respectiva medición de la longitud de la Avenida de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

1.6.2 Variable dependiente

Comportamiento de Tráfico

Tabla N° 1.2 Variables dependientes

Variable dependiente	Dimensiones	Conceptualización	Indicador	Técnicas e instrumentos
Comportamiento del tráfico vehicular	Volúmenes	Es la capacidad y el tipo de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico	Investigación realizada en las calles principales del centro de la ciudad de Tarija	Se realizará el conteo de vehículos que circula en cada intersección mediante el método de aforo manual.
	Velocidades	Es la relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un vehículo en un determinado tiempo.		Se fijará dos puntos midiendo la longitud, luego con la ayuda de un cronómetro tomar el tiempo que tarda una motocicleta y un vehículo en desplazarse.
	Estacionamientos	Son espacios donde las motocicletas y los vehículos pueden estacionar durante un cierto periodo de tiempo.		Se dará nuevas soluciones de áreas de estacionamientos en lugares estratégicos.
	Capacidad	Es el máximo número de vehículos que puede transitar por un punto o tramo, en un periodo determinado de tiempo, en las condiciones imperantes de la vía y el tránsito.		Se realizará el conteo de vehículos que circula en cada intersección, que calculando con varios factores se obtendrá la capacidad de dichos tramos.

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Diseño metodológico

1.7.1 Componentes

1.7.1.1 Unidades de estudio y decisión muestra

Unidades

La unidad de estudio es el comportamiento del tráfico vehicular en vías urbanas, que no suele ser constante y varía a lo largo del día especialmente en las intersecciones de la ciudad, de las zonas más conflictivas provocando congestión del flujo vehicular a en horarios picos, afectando a los usuarios.

Población

La población del presente proyecto es el comportamiento del tráfico en las vías urbanas de la ciudad de Tarija, este es el lugar de estudio donde se evaluará el congestión causado por las motocicletas.

Muestra

La muestra son las principales calles del centro de la ciudad, donde se evaluará la demanda y oferta de estacionamientos de motocicletas.

Muestreo

El muestreo se realizó en las siguientes intersecciones del centro de la ciudad:

- Av. Domingo Paz y calle Campero
- Av. Domingo Paz y calle General Trigo
- Av. Domingo Paz y calle Sucre
- Av. Domingo Paz y calle Colón
- Calle Bolívar y calle General Trigo
- Calle Bolívar y calle Daniel Campos
- Calle Bolívar y calle Colón
- Calle Ingavi y calle Campero
- Calle Ingavi y la calle Sucre
- Calle Ingavi y la calle Daniel Campos
- Calle Ingavi y la calle Colón
- Calle Madrid y calle Campero
- Calle Madrid y la calle General Trigo
- Calle Madrid y la calle Daniel Campos
- Calle Madrid y la calle Colón

En todos estos puntos críticos se harán el aforamiento correspondiente de velocidad de punto, volúmenes de circulación y estacionamiento de motocicletas y vehículos.

1.7.2 Métodos y técnicas empleadas

La inducción va de lo particular a lo general. Empleamos el método inductivo cuando de la observación de los hechos particulares obtenemos proposiciones generales, o sea, es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular. Inducir es ir más allá de lo evidente. La generalización de los eventos es un proceso que sirve de estructura a todas las ciencias experimentales, ya que éstas, como la física, la química y la biología, se basan (en principio) en la observación de un fenómeno (un caso particular) y posteriormente se realizan investigaciones y experimentos que conducen a los científicos a la generalización.

Utilizaremos el método inductivo ya que este con sus pasos a seguir se adecuan a lo que llevará a ser el estudio de aplicación de una mejor fluidez de circulación vehicular del transporte público y su influencia en el congestionamiento, pues será necesario la observación y registro del aforo vehicular, la obtención de datos y resultados para realizar el análisis y de esta forma plantear soluciones acordes al problema.

Este método se apropia de manera permanente en el estudio de tráfico por las mediciones, evaluaciones y análisis que se realizará posteriormente al ejecutar el proyecto.

1.7.2.1 Técnicas de muestreo

La técnica experimental supone la definición del problema y permite la fijación de hipótesis de los experimentos que se realicen, que se emplazarán en un área de estudio determinado y se fijará el periodo de tiempo de duración del experimento, que tienen como finalidad de obtener nuevos y especialmente diferentes resultados a los que ya se conocen, muchas veces el resultado del experimento puede terminar aceptado como algo oficial, pero algunas veces los resultados no son los esperados por lo tanto se debe continuar la experimentación en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir por qué causa se produce una situación particular. Este trabajo se va a realizar a través de mediciones de parámetros ya conocidos. Para la obtención de datos es necesario contar con la información necesaria de la zona de estudio y fijar las intersecciones más críticas por donde circula el transporte público, el método que se llevará a cabo para las mediciones será la técnica de aforo y mediciones manuales las principales calles de la ciudad de Tarija, que consiste en la medición de velocidades, a través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales

(AASHTO), los periodos de aforo de velocidades son de 1 mes, 3 días a la semana por 3 horas al día, de los cuales son 2 días hábiles y 1 día no hábil por semana durante 1 mes en horarios picos. Los datos obtenidos se llevarán a un análisis a través de las ecuaciones de los parámetros estadísticos ya conocidos como la media y la desviación estándar, el cual mediante esas ecuaciones y los resultados obtenidos depuraremos los números que se encuentran fuera de rango y minimizar la dispersión que tienen entre todos los datos, para analizar los resultados obtenidos que nos mostrará el comportamiento de motocicletas y los vehículos, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestionamiento.

La forma de observación será sistemática porque utilizaremos un instrumento para medir tiempos y distancias de manera uniforme para encontrar las variables de estudio, el instrumento para la obtención de datos con los que se contará para realizar el estudio es un cronómetro para medir el tiempo de circulación y el tiempo de demoras de los vehículos del transporte público, planillas para los aforos, observadores que controlen el paso de los vehículos por los lugares de estudio que se requiera, cinta métrica para medir la distancia del paso de los vehículos al momento de sacar las velocidades.

Pero siempre existen errores en esta técnica al momento de obtener los datos para obtener la velocidad, ya sean por el observador por el instrumento a emplear o por el fenómeno observado en la vía.

1.7.2.2 Descripción de los medios e instrumentos

Para la obtención de la información de campo se necesitará de los siguientes instrumentos:

Cinta métrica

Con este instrumento se medirá la distancia que recorrerá la motocicleta y el vehículo por los tramos de estudio, al momento de sacar las velocidades.

Cronómetro

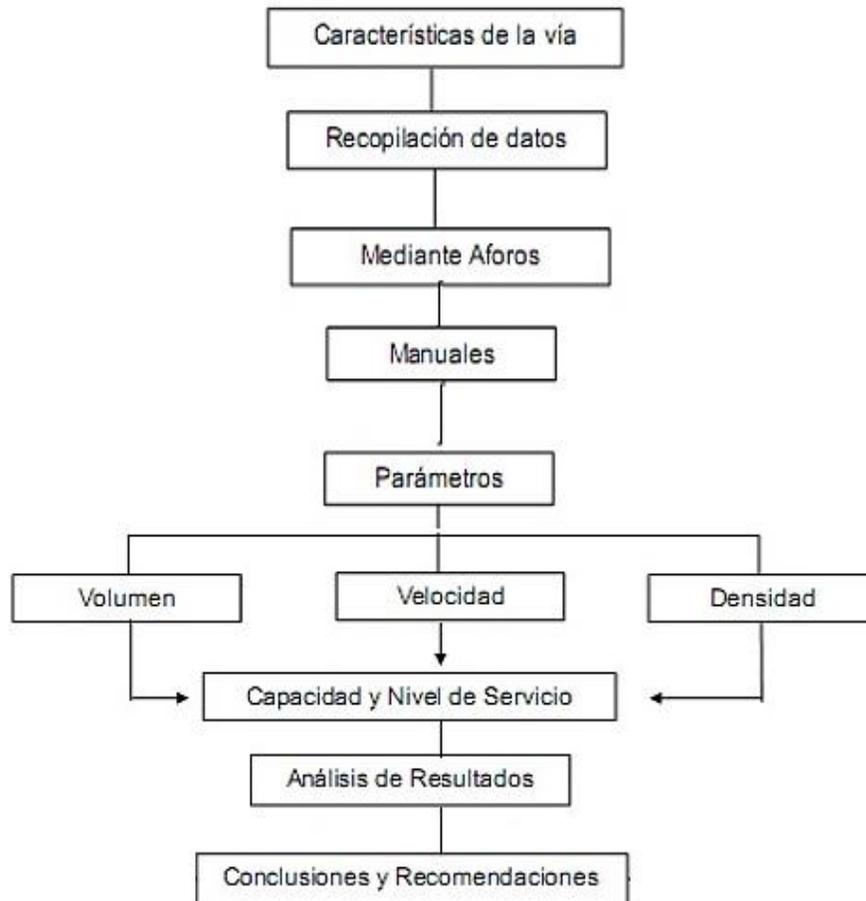
Este instrumento nos servirá para medir los intervalos de tiempo que recorrerá las motocicletas y los vehículos en los puntos que estableceremos.

Tablero y planillas

El tablero es un material importante de apoyo, en la práctica se usará como apoyo a las planillas para que se mantengan estables y las planillas nos facilite y agilice los datos obtenidos en campo como volúmenes y velocidades que serán anotados por los observadores.

1.7.2.3 Esquema de metodología

Figura 1.2 Esquema de metodología a utilizar



Fuente: Elaboración propia

1.7.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.7.3.1 Estadística descriptiva

Esta aplicación proporciona una serie de datos que tendrán que ser analizados posteriormente, por lo tanto, realizaremos un análisis descriptivo ya que tendremos un conjunto de datos que serán analizados. Contaremos con un conjunto de datos N (datos que representan a la población, que en este caso los parámetros de la ingeniería de tráfico), y otro conjunto de datos n (datos que representan la muestra), que serán calculados para tener mejor resultado.

Se realizarán medidas de depuración, las cuales nos indicarán los datos que se alteraron o por alguna razón salieron fuera de rango, a partir de las cuales encontraremos la media, la varianza y la desviación estándar.

Medidas tendencia central

Media

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

Desviación estándar

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto, se ecuación sería:

Rango

Es el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, por ello comparte unidades con los datos. Permite tener una idea de la dispersión de datos al momento de realización de la depuración de los valores que se encuentran fuera de rango.

$$x = \bar{x} \pm s$$

1.8 Alcance de investigación

Este proyecto está centrado en evaluar la demanda y oferta de estacionamiento de motocicletas en la vía pública en el centro de la ciudad de Tarija, para lograr el estudio de aplicación de este proyecto se realizará aforos de motocicletas en el centro de la ciudad de manera que nos permitirá conocer la demanda y oferta que se tiene en dichos tramos.

El tráfico de las motocicletas en el área estudiada fue aumentando con el paso del tiempo por la necesidad de los usuarios para poder transportarse, es así que el tránsito vehicular puede causar problemas ya que se encuentra sometida a mayor circulación que la planificada en su diseño.

El estudio de tráfico vehicular en la zona se apreciará por el comportamiento de las motocicletas por medio de un aforo manual, en la cual se mostrará los volúmenes que se pueden presentar en las vías de la zona en las horas picos, donde los usuarios se dirigen a sus distintas actividades.

Los datos proporcionados en el estudio de campo, son la información básica que nos mostrará la situación actual y real de la cantidad de vehículos que circulan por los tramos en estudio.

La medición del aforo de volúmenes se realizará en puntos estratégicos de mayor relevancia ubicados en el centro de la ciudad, los cuales nos servirán como información básica para el cálculo del tráfico promedio diario y la cantidad de oferta y demanda de estacionamientos.

Concluido este estudio de aplicación, se obtendrán resultados de demanda y oferta de estacionamientos en los 24 tramos, los cuales nos permitirán evaluar la cantidad necesaria para cada situación, donde podremos comparar lo que se necesita con lo que tenemos.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA
DE TRÁFICO

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

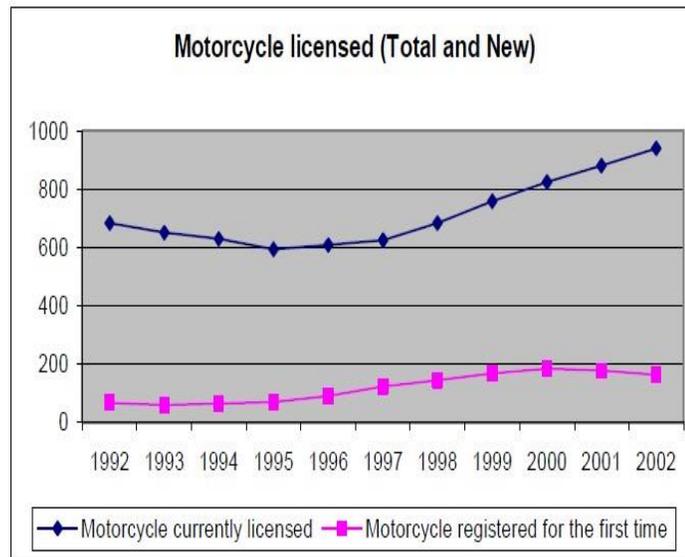
2.1 Concepto de la motocicleta

Es un vehículo de dos ruedas impulsado por un motor. El cuadro y las ruedas constituyen la estructura fundamental del vehículo. La rueda directriz es la delantera y la rueda motriz es la trasera. Las motos son un medio de transporte que te ayudan a llegar muy rápido a tus destinos, pero no necesariamente por llevar el acelerador a fondo, sino por toda la agilidad que permite para moverte.

2.2 La motocicleta en el mundo

Como se mencionó anteriormente, diversas naciones en el mundo están experimentando crecimientos significativos en el uso de la motocicleta. En el Reino Unido (ver Figura 2.1), la tenencia de la motocicleta aumentó en un 36% entre 1996 y 2001 (Department for Transport, 2004) y su tráfico en un 34%, entre 1993 y 2002 (Huang & Preston, 2004).

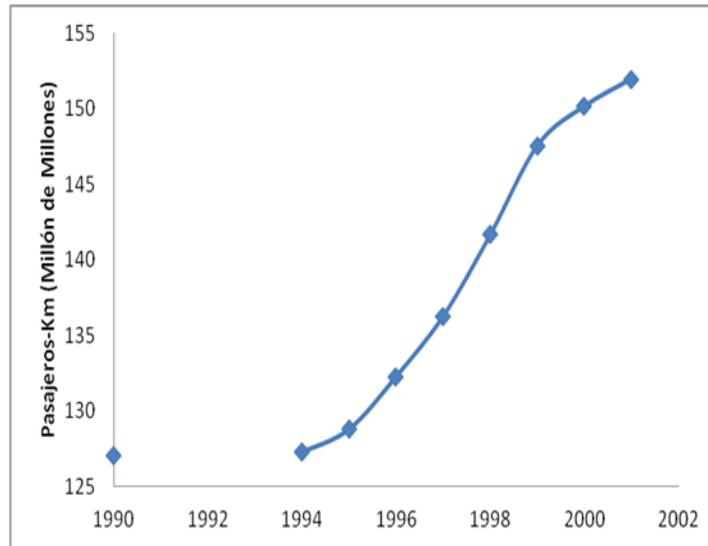
Figura 2.1 Motocicletas registradas en el Reino Unido (miles).



Fuente: Huang & Preston (2004)

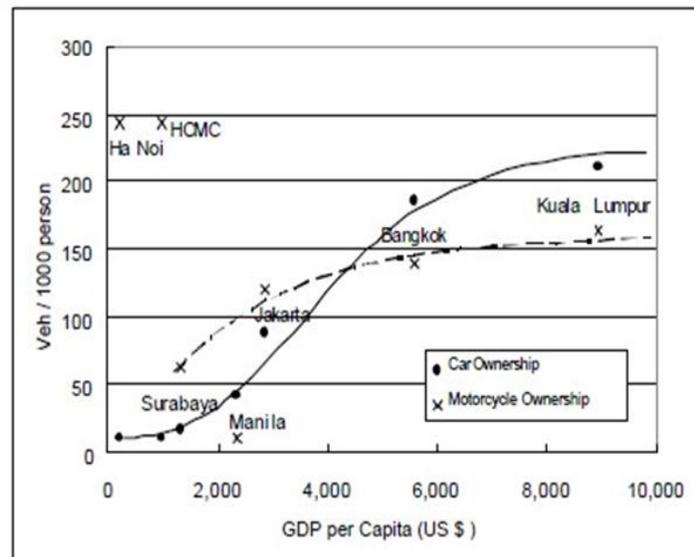
El promedio de crecimiento de tráfico en motocicleta para la Unión Europea, entre 1990 y el 2001 fue de 19.6% (EEA, 2004). De acuerdo a De Rome, et. Al (2002), entre 1995 y el 2000 el total de motocicletas registradas en Nueva Gales del Sur, Australia, ascendió 14%. Entre 1990 y 1998, la tenencia de motocicleta aumentó en 118% en Grecia y en Luxemburgo 116% (EEA, 2001).

Figura 2.2 Tendencia de la demanda de transporte en motocicleta para los 15 países más antiguos de la Unión Europea.



Fuente: Elaboración propia a partir de EEA (2004)

Figura 2.3 PIB per cápita vs. Tenencia de vehículos en siete (7) ciudades asiáticas.



Fuente: JBIC (1999)

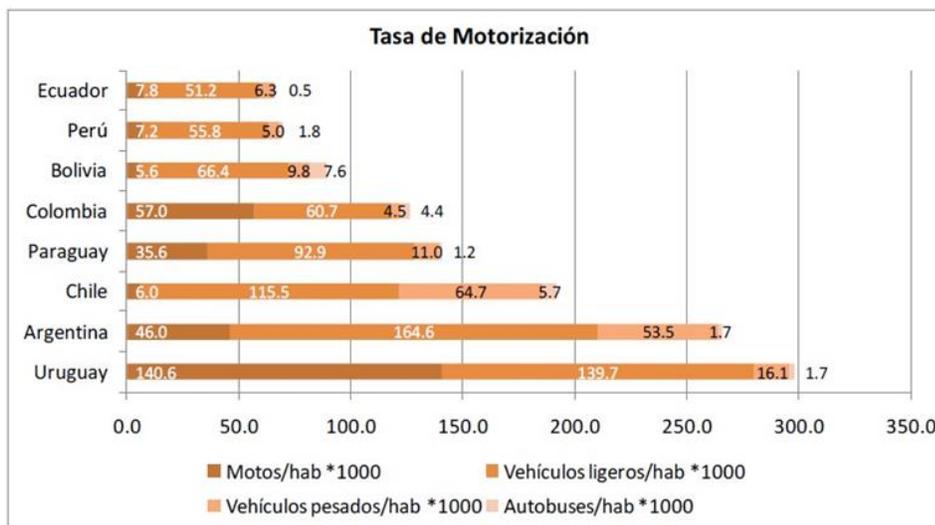
Por otro lado, en el 2003 en Bangkok, el 40% de vehículos registrados fueron motocicletas (Lee, 2007) y en Taiwán, entre el 2005 y el 2010, el número de motocicletas por cada mil habitantes creció el 10.4% alcanzando 641.5 motocicletas/hab*1000 (CEPD, 2011). Así mismo, en Hanoi, Vietnam más del 80% del tráfico está compuesto por motocicletas

(Minh et. Al, 2005) y en Malasia las motocicletas constituyen alrededor del 50% del total de vehículos registrados (Hsu, Sadullah, & Nguyen, 2003).

La preponderancia de este vehículo en algunas naciones asiáticas ha llevado a que se les denomine “sociedades impulsadas por la motocicleta”; en inglés: motorcycle-driven societies (JBIC, 1999). En la Figura 2.3 se puede observar que incluso en las ciudades asiáticas en que la tenencia de motocicleta no supera al automóvil, se encuentra a niveles cercanos a éste.

Latinoamérica tampoco ha sido la excepción a este fenómeno. Uruguay es el país con más alta presencia de motocicletas en la región, con 141 motocicletas / 1000* hab (EMBARQ, 2011). La Figura 4 muestra los niveles de motorización por tipo de vehículo para distintos países latinoamericanos.

Figura 2.4 Motorización por tipo vehículo en ocho (8) países de Latinoamérica.

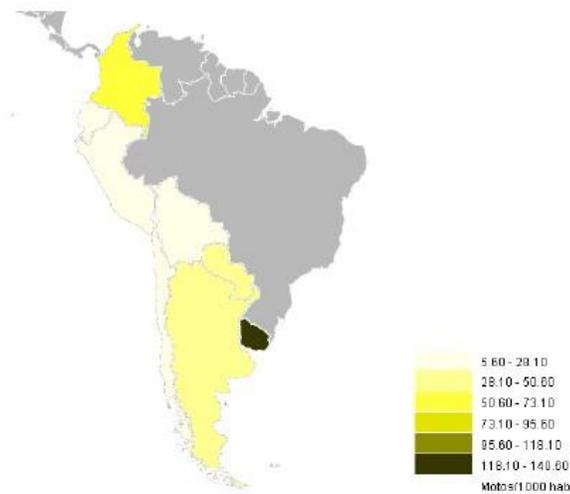


Fuente: EMBARQ (2011)

La Figura 2.5 presenta los niveles de motorización para la motocicleta en la región, incluyendo a Brasil y Venezuela, entre otros.

Aunque en la región los niveles de motorización de este vehículo aún son moderados (especialmente si se compara con países asiáticos), las tendencias de crecimiento son significativas. Entre ellas, destaca Colombia, con un crecimiento explosivo de 14.7% anual (EMBARQ, 2011).

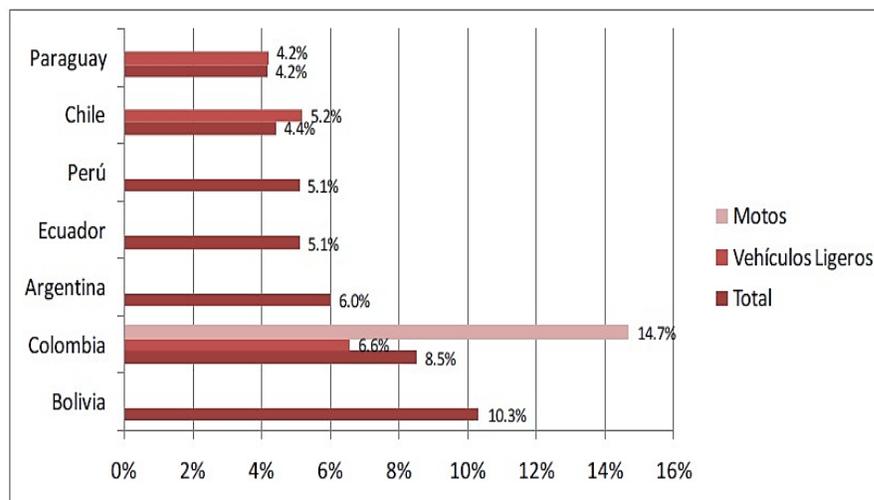
Figura 2.5 Motocicletas /hab*1000.



Fuente: EMBARQ (2011)

La Figura 2.6 compara los crecimientos anuales entre distintas naciones de la región.

Figura 2.6 Tasas de crecimiento anual para vehículos motorizados.



Fuente: EMBARQ (2011)

El incremento en el uso de la motocicleta, por tanto, es un fenómeno que se presenta en algunas ciudades de Europa y Australia y de manera más acentuada en naciones en vías de desarrollo de Asia y Latinoamérica.

2.3 La motocicleta en Bolivia

A continuación, se ahondará en el diagnóstico de la motocicleta para el caso incluye tendencias de motorización y uso de este vehículo, accidentalidad y una breve revisión de la normativa relacionada con este vehículo.

2.3.1 Motorización y uso de la motocicleta según el INE

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas el incremento de automóviles es de 6,3% para Tarija durante el periodo de 2019 y 2020, este aumento del parque automotor implica también cambios en los volúmenes de tránsito en las diferentes arterias de Tarija. El centro de la ciudad de Tarija ya adolece de ciertos problemas de tránsito tales como los congestionamientos provocados por este incremento vehicular en determinadas horas. Se desconoce el volumen vehicular de demanda que tienen el centro de la ciudad de Tarija, lo que se observa a priori es que existen determinadas horas donde la capacidad de los accesos es superada razón por la cual se producen problemas de tráfico vehicular. La composición vehicular es un parámetro importante porque permite conocer como está configurado el volumen vehicular que transita un acceso indicando de manera porcentual los tipos de vehículos.

Figura 2.7 Parque automotor por departamento del 2019-2020

BOLIVIA: PARQUE AUTOMOTOR, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2019 - 2020
(En número de vehículos y porcentaje)

TIPO DE SERVICIO	2019		2020		VARIACIÓN PORCENTUAL
	Número de vehículos	Participación porcentual	Número de vehículos	Participación porcentual	
TOTAL	2.013.400	100,0	2.109.117	100,0	4,8
Chuquisaca	78.195	3,9	80.971	3,8	3,6
La Paz	471.873	23,4	493.878	23,4	4,7
Cochabamba	432.431	21,5	453.500	21,5	4,9
Oruro	103.299	5,1	106.644	5,1	3,2
Potosí	71.132	3,5	73.434	3,5	3,2
Tarija	114.423	5,7	118.439	5,6	3,5
Santa Cruz	686.970	34,1	725.549	34,4	5,6
Beni	49.419	2,5	50.582	2,4	2,4
Pando ⁽¹⁾	5.658	0,3	6.120	0,3	8,2

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT)2023

Se desconoce el comportamiento del flujo vehicular durante las horas pico, es decir, no se sabe cómo está distribuido el volumen vehicular en los periodos críticos. El periodo crítico se asume el mismo para todas las vías principales del centro de la ciudad, sin embargo, no todas las intersecciones están trabajando bajo condiciones críticas al mismo tiempo, puede

que una intersección esté con niveles de servicio de saturación y otra intersección no necesariamente.

De acuerdo con los datos de la estatal UNIVida, en 2022 los siniestros en motocicletas a nivel nacional llegaron a 6.781, que provocaron 7.678 heridos.

2.3.2 Características principales del comportamiento errático de las motocicletas viajar al lado de un vehículo utilizando el mismo carril

Debido a un ancho menor al del automóvil, la motocicleta comúnmente viaja al lado del automóvil, compartiendo el mismo carril. De acuerdo a (Lee, 2007) la motocicleta únicamente ocupa un 25% (0.75m) del ancho de un carril pequeño (3m).

Seguir oblicuamente

Debido a su tamaño y a que el ancho común de un carril excede el espacio lateral que necesitan las motocicletas, éstas no necesariamente siguen al automóvil precedente por el centro del carril.

Por el contrario, comúnmente lo hacen desde una posición oblicua o lateral trasera. Esto les da la posibilidad de filtrarse por entre el espacio lateral entre dos automóviles, en caso de ser necesario.

(Robertson [2003] citado a través de Lee [2007]).

Filtramiento

Consiste en el desplazamiento que efectúa la motocicleta por entre el espacio lateral que se forma entre dos vehículos estacionarios o que se desplazan lentamente. (Minh et al, 2006).

Zigzaguo

Cuando una motocicleta sigue a un automóvil por la parte trasera (no de manera oblicua), con frecuencia aprovecha el exceso de espacio lateral ofrecido por el ancho de carril, para desplazarse de derecha a izquierda dentro del mismo carril.

Por lo general este comportamiento se debe a la búsqueda de una brecha lateral aceptable para sobrepasar al vehículo precedente mediante filtramiento (Hurdle [1997] citado a través de Lee [2007]).

“Tailgating”

Este comportamiento se refiere a lo que algunos estudios han observado como una tolerancia mayor, por parte de los motociclistas, a mantener separaciones más pequeñas

con el vehículo precedente (Arasan and koshy [2003] citado a través de Lee [2007]), de lo que mantienen los demás vehículos entre sí.

Comportamiento de “manada” o agrupamiento

De acuerdo a Lee (2007), las motocicletas exhiben un comportamiento de “auto organización” al llegar a una intersección semaforizada, en la cual, durante el ciclo rojo se filtran por entre los demás vehículos hasta llegar al frente de la cola, en donde se aglomeran. Una vez iniciado el ciclo verde, arrancan con mayores aceleraciones, dispersándose de nuevo gradualmente entre la corriente de tráfico mixto a medida que ésta las alcanza. Este ciclo se repite en cada intersección semafórica en la que encuentran tráfico detenido.

Circulación a través de carriles dinámicos

Algunos estudios (Minh et al, 2006) han simulado el comportamiento de la motocicleta a través de carriles dinámicos que se forman entre las separaciones laterales de los demás vehículos que circulan en la corriente.

Dichos carriles son dinámicos debido a que su geometría depende de los anchos variables de los distintos vehículos presentes en la corriente y de la posición del motociclista en el flujo.

2.4 Concepto de la ingeniería de tráfico

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

Dentro de los objetivos señalados pueden señalarse dos aspectos: el planeamiento de redes viarias, si se trata de proyectar redes de carreteras para necesidades futuras, y la ordenación y regulación del tráfico en redes existentes, si se trata de resolver problemas actuales o previsibles a corto plazo. En ambos casos es necesario conocer previamente las características de circulación.

Así, las técnicas de la ingeniería de tráfico pueden clasificarse en tres grupos: planeamiento de redes futuras, ordenación del tráfico existente y estudio y análisis de la

circulación. En el presente tema nos preocuparemos del estudio y análisis de la circulación.

El objetivo del estudio y análisis de la circulación es deducir las relaciones que existen entre las características del tráfico y el trazado de la red y las normas de regulación que se utilicen. Para obtener los datos necesarios se han desarrollado una serie de técnicas de medida, utilizando sistemas y aparatos de medición

2.4.1 Evolución de tráfico

La construcción de caminos nace por la necesidad de establecer rutas de comercio entre ciudades de la antigüedad, tal es el caso de la Mesopotamia hace unos 5000 años. Los primeros caminos construidos con ciencia llegaron junto con el Imperio Romano quienes fueron realmente los que de manera sistemática y organizada construyeron caminos en todo el imperio. El transcurso del tiempo ha traído consigo la evolución del transporte.

2.4.1.1 El automóvil

La historia del automóvil, en un sentido estricto, comienza en el siglo XIX. La palabra deriva del griego αὐτός autós, "a sí mismo", y del latín mobilis, "que se mueve", sobre todo para distinguir entre los vehículos a motor y los de tracción animal. De estos vehículos autopropulsados se conocieron muchos tipos diferentes a través de las épocas. Los primeros vehículos de la historia eran propulsados a vapor y constituían un gran gasto. Se cree que los intentos iniciales de producirlos se llevaron a cabo en China, a fines del siglo XVII.

Puede afirmarse que el vehículo de motor de combustión interna en la forma que lo conocemos actualmente, forma parte y nació con el siglo XX.

Figura 2.8 Aparición de los primeros automóviles



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/ingeniería de tráfico](https://es.wikipedia.org/wiki/ingeniería_de_tráfico)

2.4.1.2 Calles

Esta rama de la ingeniería se ocupa de estudiar las características de 4 elementos fundamentales de tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo y la vía; estos dos últimos elementos son indispensables para la realización de actividades humanas. Ya en el siglo XIX las ciudades tienen un crecimiento acelerado causando que existan ciertos problemas en circulación del peatón por las calles, así como de los propios vehículos que eran de tracción animal.

2.5 Elementos de la ingeniería de tráfico

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

2.5.1 El Usuario

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

2.5.2 El Conductor

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

Figura 2.9 Conductor



Fuente: <https://www.google.com/search=conductor+imagen>

Se define como conductor al usuario del automóvil que circula en el tráfico y éste tiene influencia directa en el movimiento y circulación del tráfico vehicular. Este elemento está

sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo

2.5.3 El Peatón

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

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

Es importante en el usuario peatón establecer sus áreas de circulación y éstos son básicamente las áreas peatonales, cuya posición es paralela a la calzada a los costados de las mismas en anchos que pueden fluctuar entre 1 a 3,5 m. de ancho, la cual está en función del volumen peatonal. Otra de las áreas que están destinadas a la circulación peatonal son los cruces de peatones en las intersecciones de las calles para circular transversalmente a la circulación vehicular. El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico en el área urbana y no así en carreteras donde su incidencia es casi mínima.

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

Figura 2.10 Peatón



Fuente: <https://www.motor.com.co/actualidad/peaton>

2.5.4 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.

2.5.4.1 Tipos de vehículos

Los tipos de vehículos que circulan por las vías son: Biciclos, Ligeros, Pesados y Especiales.

Ligeros: 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 2.11 Tipo de Vehículo Ligero



Fuente: Elaboración propia

Medianos: Se encuentran los tractores agrícolas y carros de limpieza como lo son los basureros fabricados para realizar una determinada actividad.

También se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad que tienen en livianos, medianos y pesados y de acuerdo al uso que se le dé en públicos y privados en nuestra vialidad.

Figura 2.12 Tipo de Vehículo Mediano



Fuente: Elaboración propia

Pesados: 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 2.13 Tipo de Vehículo Pesado



Fuente: Elaboración propia

Autobús o autocar: Automóvil que tenga más de 9 plazas, incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes. Se incluye en este término el trolebús, es decir, el vehículo conectado a una línea eléctrica y que no circula por raíles.

Autobús o autocar articulado: Autobús o autocar compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada, en el que los compartimentos para viajeros de cada una de ambas partes rígidas se comunican entre sí.

Tracto camión: Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque. Será vehículo pesado cuando su capacidad de arrastre sea superior a 3,5 toneladas.

Figura 2.14 Tipo de Tracto camión



Fuente: Elaboración propia

Remolque: Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor. Si bien podría entenderse que será vehículo pesado cuando su M.M.A. supere los 3.500 kilogramos, este criterio no está recogido en la legislación vigente.

Tabla N° 2.1 Clasificación de Vehículos

Servicio	Públicos	Privados
Liviano	automóvil (taxi)	automóvil
		jeep
		vagoneta
		camioneta
		minibús
Medianos	microbús	camiones
		medianos
		furgones
Pesados	ómnibus	volqueta
		camión
		tractor-camión

Fuente: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.5.4.2 Dimensiones y pesos

La anchura de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras el tamaño y el peso de un coche son siempre mucho menores que los de un autobús o un camión y, por tanto, no influyen en aquellas vías destinadas a ser utilizadas por toda clase de vehículos. Sin embargo, en vías exclusivamente destinadas a coches como las que pueden ser de acceso, salida o interiores de muchos estacionamientos públicos y privados, es posible admitir características resistentes o geométricas restringidas y limitadas sólo al paso de estos vehículos.

Tabla N° 2.2 Dimensiones de vehículos que circulan en la vía

Tipo de vehículo	Longitud (m)	Ancho (m)	Capacidad
Liviano público (automóvil)	3,90-4,15	1,45-1,65	4-6 pasajeros
Liviano privado (móviles, minibús)	4,00-5,50	1,60-2,20	2-9 pasajeros ≤ 2 toneladas
Mediano público (microbús)	7,00-7,50	2,20-2,30	17-21 pasajeros
Pesado público (ómnibus)	12,50-13,00	2,50-2,60	50-55pasajeros
Pesado privado (volqueta, camión Toyota, camión)	7,00-8,50	2,20-2,40	4-6,44 toneladas

Fuente: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.6 Parámetros fundamentales de tráfico

Los parámetros fundamentales del tráfico son aquéllos que se presentan en el problema del tráfico, necesariamente por lo que son necesarios estudiar y saber su comportamiento a nivel de vías urbanas o carreteras.

Los parámetros considerados fundamentales son:

- Volumen de tráfico
- Velocidad de circulación
- Densidad de tráfico

2.6.1 Volumen e Intensidad de tráfico

El volumen de tráfico vehicular se expresa generalmente en la cantidad de vehículos que pasan por la sección de una vía en un determinado periodo de tiempo, ese volumen de tráfico tiene características espaciales por ocupar un lugar y características temporales porque se observan en un tiempo establecido. El volumen que se determinase considera los que circulan en un solo sentido o en ambos sentidos. La intensidad es la cantidad de vehículos que pasan en una fracción de hora donde el tráfico vehicular es más intenso.

La unidad del volumen es expresada en (veh/hr).

Volumen de tráfico promedio diario (TPD)

El volumen de tráfico promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante 24 horas o días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días del periodo se presentan los siguientes volúmenes de tráfico promedio diarios:

Trafico promedio diario anual

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

Trafico promedio diario mensual

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

Trafico promedio diario semanal

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

Volumen de tráfico promedio horario (TPH)

El volumen de tráfico promedio horario es el número total de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo, dividido entre el valor de ese periodo de tiempo en horas.

2.6.1.1 Tipos de métodos de aforos de volúmenes

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

El registro automático

Es considerado en la mayoría de los aforos en que se requieren más de 12 horas de datos continuos del mismo lugar. Sirve además para determinar la variación horaria; en particular, seleccionar la hora de máxima demanda. Estos contadores 45 usan tubos neumáticos colocados sobre el camino, los cuales transmiten impulsos de aire generados por el paso de los vehículos por cada dos impulsos de aire. En su forma más simple, el aforo manual requiere a una persona con lápiz, anotando rayas en una hoja de campo, manejando los movimientos por dirección y por tipo de vehículo. En el registro se realiza un croquis del movimiento respecto la dirección del Norte. La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión. Se puede utilizar una descripción más detallada de los vehículos comerciales, por número de ejes y/o peso.

Aforos manuales

Los aforos manuales son realizados definiéndose puntos en la carretera o calle estudiada sobre la sección transversal de la misma, por la cual se debe realizar el conteo de vehículos que pasan en tiempos determinados horarios o diarios.

Para ello es necesario que el aforador tenga definido si el aforo solamente va a tener el objetivo de determinar cantidad o además de ello se va a determinar la composición vehicular o alguna característica especial que se requiera de la forma como por ejemplo la cantidad de vehículos públicos. Para realizar un aforo manualmente se debe preparar una planilla de campo un esquema de gabinete.

La periodicidad con que se debe realizarse los estudios, son estudios determinados o puntuales de un proyecto o son parte de un control permanente de tráfico lo ideal es estudiar los volúmenes de tráfico todos los días del año, y en los días por lo menos 12 a 15 horas al día sin embargo esto implica tener un buen equipo de aforadores y procesadores de datos lo cual no siempre es disponible en las instituciones relacionados a este tema, por ello se establece que para estudios cortos debe ser de 3 horas del día generalmente horas pico, horas críticas y durante tres meses, si se quiere acortar la duración de los registros a un mes se tendrá que aumentar las horas y días de aforo.

2.6.1.2 Composición del volumen

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o, calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico.

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en vehículos livianos, medianos y de alto tonelaje o pesados, entendiéndose en livianos por automóviles, camionetas jeep y otros que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas.

Generalmente los medianos representados buses de mediano tonelaje como ser micros y camiones pequeños diferenciándose por la capacidad de pasajeros o carga que puedan transportar este tipo de vehículos.

En el tipo Pesados, se tendrá vehículos de alto tonelaje diferenciándose de acuerdo al número de ejes o ruedas y al tipo y cantidad de carga que puedan soportar.

Este tipo de la clasificación de la composición no es rígida pudiendo establecerse la más adecuada para un proyecto en particular de una carretera.

Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que éstos 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.

2.6.1.3 Periodo de Aforo

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de periodos de aforo de acuerdo a la periodicidad.

- **Permanente**
- **Periódicos**
- **De tiempo específico**

a) Aforos permanentes

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.

Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico.

Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

b) Aforos periódico

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes.

Se debe establecer que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores contables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

Estos recuentos periódicos se realizan en ciertas épocas del año y a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

c) Aforos de tiempo específico

Son aquellos que se realizan en un determinado sector del trazo urbano generalmente entre 5 y 30 días las 24 horas y proyectarlas a volúmenes diarios mensuales y anuales. La

ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

2.6.2 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, generalmente expresada en kilómetros por hora.

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte.

En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte.

A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.

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

Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.

Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fue diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos. Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

2.6.2.1 Tipos de Velocidades

Existen diferentes tipos de velocidades entre las cuales las más importantes son:

- Velocidad de Punto
- Velocidad de Recorrido Total
- Velocidad de Crucero
- Velocidad Directriz O de Diseño
- Velocidad de Circulación Media
- Velocidad De Punto

La velocidad de punto es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc. La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras. Al ser una velocidad que se considere en flujo libre eso no sería posible en espacios o distancias largas por ello que para su estudio se definen espacios o distancias pequeñas, en el caso de ciudades los espacios serán de 25, 50 o 100 metros y en el caso de carreteras los espacios serán de 100, 200 o 500 metros siempre y cuando no haya accesos de entrada y de salida.

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

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

Donde:

VP = Velocidad de punto

d = Distancia de recorrido

t = Tiempo de recorrido

Velocidad de recorrido total

Llamada también velocidad de viaje es la distancia que recorre desde el inicio hasta el final del viaje entre el tiempo total de recorrido correspondiente. El tiempo total de recorrido incluye los tiempos de demora ya sea por disminución de velocidad y paradas a causa del volumen de tráfico en circulación y los dispositivos de control. Al realizar estudios de velocidad de recorrido total es necesario medir los tiempos de recorrido y de las demoras.

El estudio de estos tiempos se realiza con el siguiente propósito:

- Evaluar la eficiencia de una vía.
- Estimar el consumo de combustible.
- Determinar los lugares donde se retrasan más los vehículos y las causas de estos retrasos.
- Estos tiempos de recorrido se usan para tomar ciertas medidas de control en el tráfico como es prohibir los estacionamientos y coordinar señales.

Velocidad de cruceo

Llamada también velocidad de marcha que resulta de dividir la distancia que recorre el vehículo entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Ese tiempo de marcha es un periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento y no así ese tiempo que se tiene debido a las paradas o esperas a causa de la existencia de semáforos. Al realizar estudios de velocidad de cruceo nos determinan la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta.

Velocidad media temporal

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos o un cierto grupo de vehículos, que pasan por una sección específica (punto) de una vía urbana o rural durante un intervalo de tiempo seleccionado. Por lo tanto, se tiene una distribución temporal de velocidades de punto. Para datos de velocidades de punto no agrupados se tiene la siguiente expresión que se define como:

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Donde:

V_t = Velocidad media temporal

V_i = Velocidad del vehículo i

n = Número total de vehículos observados

Para datos de velocidades de punto agrupados se tiene

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i * j_i}{n}$$

Donde:

m = Número de grupos de velocidad

f_i = Número de vehículos en el grupo de velocidad i

V_i = Velocidad de punto del grupo i

Velocidad de proyecto

Llamada también velocidad directriz es la seleccionada para proyectar las características físicas de una vía que influyen en el movimiento de los vehículos. La velocidad de proyecto es la velocidad máxima a la cual los vehículos individuales pueden circular en un tramo de vía.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la categoría de la futura vía, de la magnitud del volumen de tráfico, de la topografía de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de los recursos económicos (a mayor velocidad mayor costo de la obra). Al proyectar un tramo de una vía es conveniente, aunque no siempre factible mantener un valor constante para la velocidad de proyecto.

Pero debido a los cambios de topografía que se presentan, se pueden usar diferentes velocidades de proyecto para distintos tramos.

2.6.2.2 Métodos de medición de velocidad:

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

- ✓ **Método del cronómetro**
- ✓ **Método del radar métrico**

Método del cronómetro

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

Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

Figura 2.15 Cronómetro



Fuente: <https://www.google.com/searchsource>

Método de radar métrico

Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar y puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así la-, velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año.

En la hora de estudio se determinará una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo, hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio.

Se utiliza 6 horas diferentes del día.

Figura 2.16 Radar métrico



Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

2.6.3 Densidad

Se entiende por densidad de tráfico al número de vehículos que ocupan un tramo de una calle o carretera de longitud dada. Cuya relación es directamente proporcional al volumen de tráfico e inversamente proporcional a la velocidad que imprimen los vehículos. Se suele expresar en vehículos/kilómetros. El valor máximo de la densidad tiene lugar cuando todos los vehículos están en fila sin espaciamiento entre ellos y lógicamente depende de la longitud media de los vehículos.

Es difícil medir directamente la densidad en el campo, pues es necesario contar con un punto elevado desde donde se pueda fotografiar, video filmar, o divisar tramos de vía de longitud significativa.

Sin embargo, se puede calcular a través de la velocidad media de recorrido y de la intensidad de circulación, que son de más sencilla medición, a partir de la fórmula:

$$I = V * d$$

Donde:

I= Intensidad de circulación, en veh/h

V= Velocidad media de recorrido, km/h

d= Densidad, en veh/km

La densidad es un parámetro crítico en la descripción de las operaciones de tráfico.

Describe la proximidad entre los vehículos, y refleja la libertad de maniobra dentro de la corriente de tráfico.

2.6.3.1 Determinación de la densidad

La densidad se puede determinar mediante la siguiente correlación que se lo conoce como la ecuación fundamental del tráfico vehicular, se lo expresa de la siguiente manera:

$$V = v * k$$

Donde:

V= Volumen (Veh/Hr)

v= Velocidad (Km/Hr)

k= Densidad (Veh/Km)

2.6.3.2 Capacidad

Se define a la capacidad vehicular como el número de vehículos máximo que pasa por una sección de una calle o carretera en un periodo de tiempo que puede ser normalmente

horario o diario y que razonablemente puede esperarse que pasen por dicho tramo de camino o calle, 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.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

2.6.3.2.1 Análisis de capacidad

La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas) y de los factores de tráfico (factores de reducción), como son los de giros (izquierda, derecha), estacionamiento, vehículos pesados y de paradas antes o después de la intersección, que influirán sobre la capacidad real del tráfico. Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión de a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

- **Vías Ininterrumpidas**
- **Vías Interrumpida**

Vías ininterrumpidas

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

Vías interrumpidas

Las vías interrumpidas son aquellas que llevan con frecuencia elementos de interrupción a la circulación del tráfico como vienen a ser las intersecciones en un trazado urbano por lo que su aplicación está más dirigida al área urbana. Los factores que se pueden considerar como elementos de interrupción del tráfico son: Semáforos en intersecciones. Agentes de tránsito en intersecciones. Cruces de peatones. Detención de vehículos. Presencia de paradas de vehículos de transporte público. Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar

cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino. En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir un camino y se le conoce como el Volumen de Servicio. Este volumen va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel “E”, o Capacidad del camino. Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo, con nivel “F”, pero no aumenta el volumen de servicio, sino que disminuye.

Factores de influencia

En la Capacidad Existen varios factores que influyen y reducen la capacidad de las calles, de entre ellas la mayoría de las normas han hecho énfasis de las tres más importantes que son:

- **Vehículos pesados**
- **Movimientos de giro (izquierda y derecha)**

En el Nivel de Servicio de los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

2.6.4 Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM 2000

Para la determinación de la capacidad en calles se ha establecido a partir de innumerables estudios que los lugares más críticos son los accesos de las intersecciones y es ahí donde se debe determinar la capacidad que se presentará a la capacidad de las calles.

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

- **Determinación de la capacidad teórica.**
- **Determinación de la capacidad práctica.**
- **Determinación de la capacidad real.**

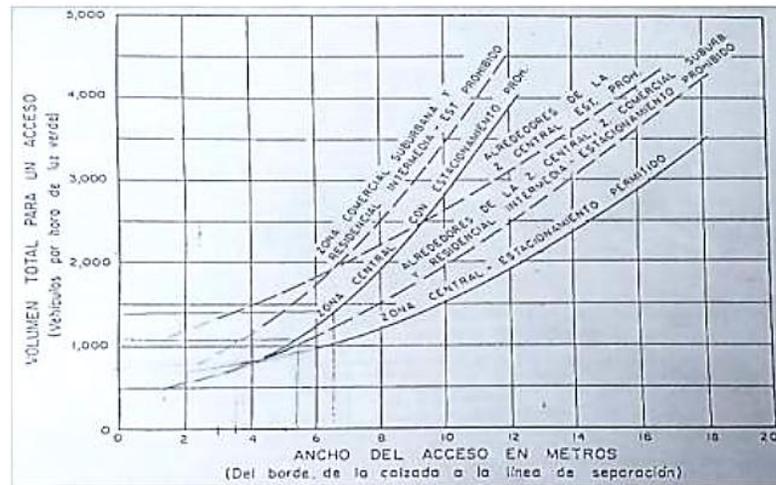
Capacidad teórica

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

El ancho de acceso

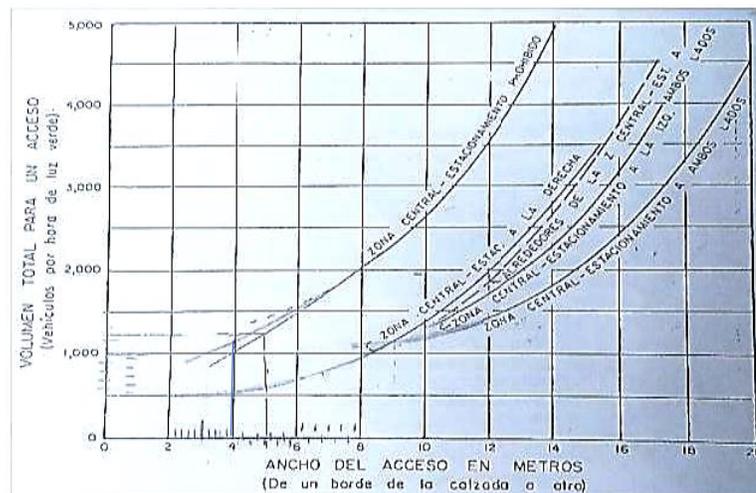
Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener un acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica. Tomando este factor se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Figura 2.17 Capacidad ideal para acceso de dos sentidos



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito – Guido Radelat

Figura 2.18 Capacidad ideal para acceso de un solo sentido



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito – Guido Radelat

Capacidad práctica

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

Para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0.9, a la capacidad teórica.

$$C_{Prac} = C_{Teorica} * 0.9$$

Capacidad real

La condición particular de cada acceso hace que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores reducción que está dada por una metodología ya establecida.

Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierda, giros derecha, paradas antes o después de la intersección, estacionamiento, etc.

Factores de reducción

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y éstos son: Giros, (izquierda, derecha). Estacionamiento. Vehículos Pesados. Paradas antes y después de la intersección.

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

Por giros

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

La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20% del tránsito total.

Por paradas

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

Por estacionamiento

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

Por vehículos pesados

Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibuses y camiones que pasen del 10% de número total. Por lo tanto, la capacidad real será el producto de la capacidad práctica multiplicada por los factores de reducción.

$$C_{real} = C_{prac} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_P$$

Donde:

f_{VP} = Factor de vehículos pesados f_{GI} = Factor por giro izquierdo

f_{GD} = Factor por giro derecho

f_P = Factor por paradas

2.6.5 Niveles 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 maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. De acuerdo al manual de Capacidades de carretera de 1985, Special Report 209, del TRB14, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España¹⁴⁹, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.

Nivel de servicio A

Figura 2.19 Nivel de servicio A



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

Se define a una condición de flujo libre con volúmenes bajos y altas velocidades. Ninguna restricción para realizar maniobras y los conductores pueden mantener las velocidades deseadas, con poco o ningún retraso.

Nivel de servicio B

Figura 2.20 Nivel de servicio B



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

Es aquel que tiene flujo estable con velocidades de operación que empiezan a verse algo restringido. Los conductores tienen todavía una razonable libertad para seleccionar su velocidad y carril de circulación.

Nivel de servicio C

Figura 2.21 Nivel de servicio C



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

Este nivel todavía está en la zona de flujo estable pero las condiciones y la maniobrabilidad están más controladas a causa de los mayores volúmenes. La mayoría de los conductores ven restringida su libertad de elegir su propia velocidad, cambio de carril o sobrepaso. Sin embargo, todavía se obtiene una velocidad de operación relativamente satisfactoria. Este

nivel de servicio ha sido asociado a los volúmenes de servicio usados en la práctica para diseño.

Nivel de servicio D

Figura 2.22 Nivel de servicio D



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

Se acerca a un flujo inestable manteniendo las velocidades de operación tolerables. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones pueden causar caídas de las velocidades de operación. Los conductores tienen poca facilidad para maniobrar y poco confort.

Nivel de servicio E

Figura 2.23 Nivel de servicio E



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

Se acerca más al flujo inestable con velocidades menores que el nivel D con lúmenes cercanos a la capacidad de la carretera. El flujo es inestable y puede haber detenciones de duración momentánea.

Nivel de servicio F

Figura 2.24 Nivel de servicio F



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

Define una operación forzada del flujo a baja velocidad donde los volúmenes están por debajo de la capacidad estas condiciones son las resultantes de colas de vehículos detrás de una restricción de maniobras. En el límite tanto la velocidad como el volumen pueden bajar a 0 creándose el congestionamiento.

2.6.6 Determinación de la capacidad y nivel de servicio

Para determinar el nivel de servicio, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección, para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección, esta relación es el volumen sobre la capacidad (V/C), valor con el que se ingresa a la Tabla N° 2.3 para calcular el nivel de servicio.

Tabla N° 2.3 Nivel de servicio

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito
A	Flujo libre
B	Flujo estable
C	Flujo estable
D	Próximo al flujo inestable
E	Flujo inestable
F	Flujo forzado

Fuente: Materia Ingeniería de Tráfico – CIV 611

2.6.7 Señalización vial

Debido al constante incremento del parque vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos sistemas de control de tráfico con el objeto: De reducir el número de accidentes De mejorar la seguridad del usuario De dar mayor comodidad al usuario Para lograr estos objetivos básicos el conductor deberá conocer el significado de la señalización vial para actuar en consecuencia

Las señales de tránsito son aquellos carteles que pululan en cantidades por calles, rutas y caminos, entre otros y que tienen la finalidad de ordenar el tránsito vehicular, la circulación de peatones, de motociclistas y de ciclistas, entre otros.

Las señales de tráfico orientan a los conductores de los distintos tipos de vehículos, pero también a los peatones. La información que proporcionan resulta imprescindible para que el tránsito sea seguro, fluido y ordenado. Las señales de tránsito o viales, también llamadas de tráfico, son imágenes puestas en carteles en la vía pública, cuyos símbolos tienen un significado especial. Estas tienen diferentes colores y formas. El significado de cada una de éstas es alertar al peatón o conductor a tomar precauciones o a alertar a este sobre las situaciones que se dan en la vía pública.

2.6.7.1 Señales

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos, en vías de dos sentidos las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención, en vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por dichos carriles. Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal.

2.6.7.1.1 Señalización vertical

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

necesaria para guiar a los usuarios de las mismas. De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

Señales preventivas

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

Señales reglamentarias

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

Señales informativas

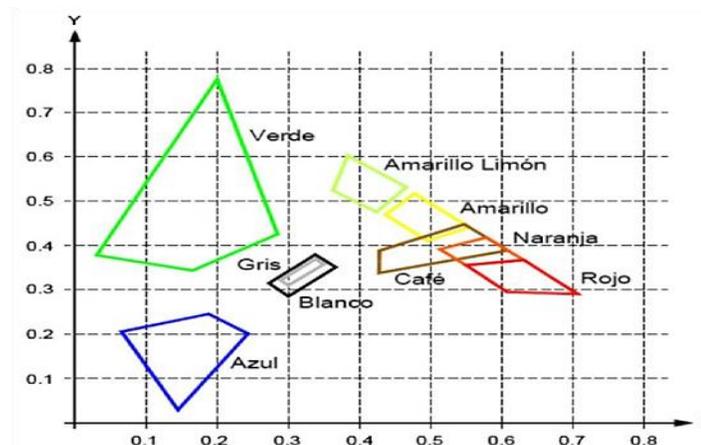
Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

Color y retroreflectancia

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido en el manual de la ABC, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad.

Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en el manual de la ABC.

Figura 2.25 Diagrama cromático cie 1931, para señales verticales



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

Tableros

Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio, de acuerdo con las especificaciones fijadas en el presente Manual.

Estructuras de soporte

Tan importante como la ubicación de una señal vertical, es la sustentación de la placa, la que debe mantenerse estable para diferentes condiciones climáticas, además de acciones vandálicas que pudieren modificar su correcta posición

Señales preventivas

a) Objetivo

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

b) Forma

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

c) Color

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. Para el caso de este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retrorreflexión mínimo.

d) Ubicación

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, CURVA PRONUNCIADA DERECHA (SP 4) o PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (SP 16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como CRUCES o BIFURCACIONES (SP 18 a SP 30).

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

Figura 2.26 Señales preventivas



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

Señales reglamentarias

a) Objetivo

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito y acarrea las sanciones previstas en la Ley.

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Estas señales se identifican con el código SR.

b) Forma

En general, su forma es circular y sólo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales:

- SR - 01 PARE, cuya forma es octagonal
- SR - 02 CEDA EL PASO, cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo
- SR-38 y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de forma rectangular.

c) Color

Los colores utilizados en estas señales son los siguientes: Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro.

Las excepciones a esta regla son:

- SR-01: PARE, cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco
- SR-38 y SR-39: TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas.
- SR 40 a la 43: SEÑALES DE PASO OBLIGADO Y CICLOVÍA, serán de fondo azul y símbolo blanco.

Figura 2.27 Señales reglamentarias



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

2.6.7.1.2 Señalización horizontal

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada. La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

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

Líneas longitudinales: Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

Líneas transversales: Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.

Símbolos y leyendas: Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.

Otras demarcaciones: Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distancia, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

2.6.7.1.3 Líneas longitudinales

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

2.6.7.1.4 Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro.

De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

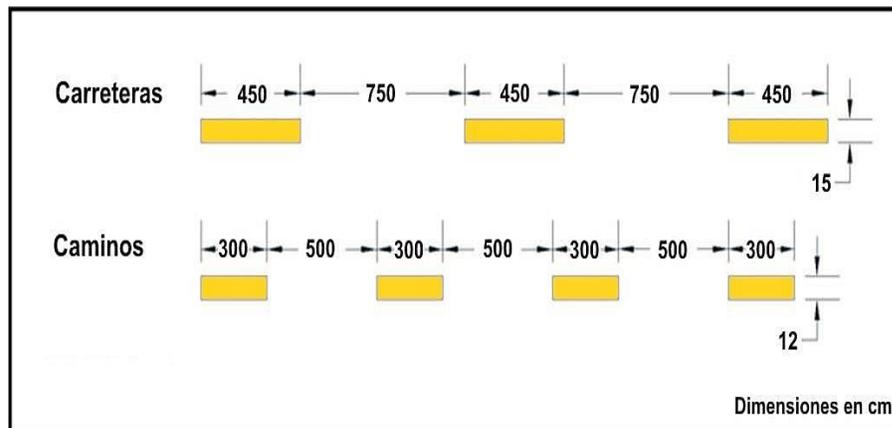
Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

a). Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

Figura 2.28 Diseño línea discontinua



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

b) Línea amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

c) Línea blanca continua

Como ya se ha indicado, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Acorde a lo anterior, la línea continua se utiliza para:

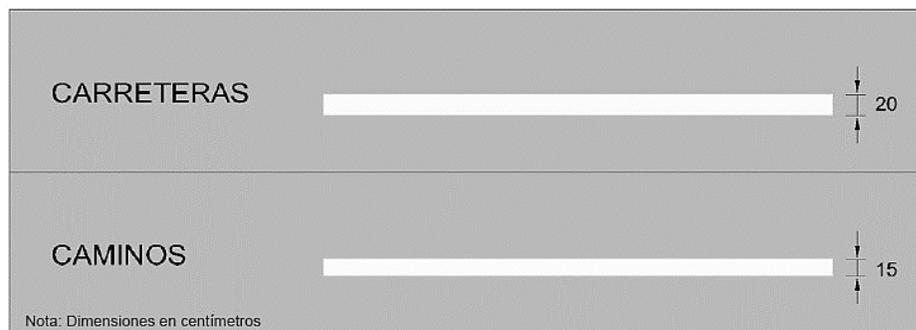
Demarcar la separación de carriles

De un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

Figura 2.29 Dimensiones de marcación continua



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

2.6.8 Estacionamiento

2.6.8.1 Definición

Se definen como estacionamiento al área o superficie destinadas a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo que pueden estar ubicadas dentro o fuera de la vía. Con el fin de aclarar un poco este concepto vale la pena lo que es una parada corta, parada larga, estacionamiento, parqueo

Parada Corta

Se entiende por parada corta cuando el vehículo se detiene momentáneamente sobre la vía con el motor encendido y el conductor en su sitio, estas paradas cortas se producen en tiempos pequeños generalmente para el acceso o descenso de pasajeros o usuarios de vehículos ya sea particulares o públicas.

Parada Larga

Se entiende por parada larga cuando el vehículo se detiene sobre la vía con el motor apagado, pero con el conductor en su sitio, este tipo de parada utiliza un tiempo mayor que el anterior, pero sigue siendo de carácter temporal o momentáneo.

Estacionamiento

Se considera estacionamiento aquel acto en el cual el vehículo es detenido sobre la vía con el motor apagado y sin el conductor pudiendo considerarse el tiempo de detención permanente.

Parqueo

Se entiende por parqueo a la detención de vehículos fuera de la vía, dejados en espacios especialmente establecidos para detener el vehículo en forma permanente y por tiempos largos.

2.6.8.2 Causas del estacionamiento

El detener un vehículo ya sea momentánea o en forma permanente se debe a diferentes causas que de acuerdo a estudios realizados normalmente los más usados son:

- Comerciales
- Laborables
- De negocios
- De diversión

Las primeras dos causas son las más importantes y las más usuales, porcentualmente las más importantes, incluidos a estas a los de transporte público que con un fin laboral tienen que detener su vehículo para el ascenso y descenso de pasajeros.

2.6.8.3 Tipos de estacionamientos

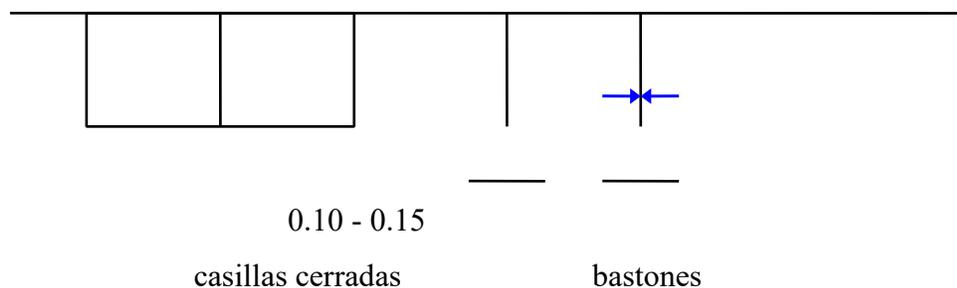
Se tienen en la práctica dos tipos de estacionamiento de acuerdo al lugar de su ubicación, es decir:

a) Estacionamiento sobre la vía

b) Estacionamiento fuera de la vía

a) Estacionamiento sobre la vía

Son aquellos estacionamientos ubicados sobre la vía de circulación ocupando un espacio que inicialmente no está definido para la detención de vehículos, pero que por circunstancias de bajos volúmenes de circulación y de necesidad de espacios para la detención de vehículos momentáneos o permanentes se hace uso de una parte de la vía para ocuparlo como estacionamiento de vehículos. Estos podrán ser estacionamientos paralelos o estacionamientos oblicuos.

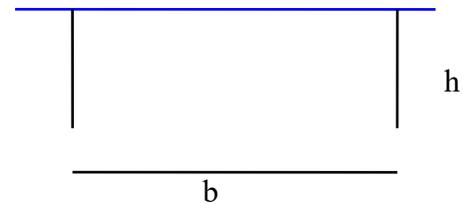


El estacionamiento paralelo cuyas casillas de estacionamiento tienen el mismo sentido de la vía de circulación y van inmediatamente antes de la acera.

Su delimitación puede realizarse por casillas cerradas por bastones o líneas abiertas utilizando para ello pintura de señalización blanca con espesores de 0.10 a 0.15 más.

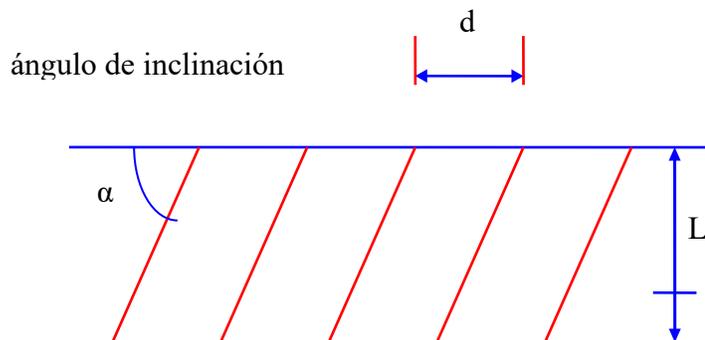
Las dimensiones que deben tener un estacionamiento en paralelo están de acuerdo a la longitud y ancho de los vehículos que de acuerdo a normas utilizando los anchos promedios y longitudes promedios de los vehículos y en un mayor % que circulan por un trazo urbano se obtienen las siguientes dimensiones recomendables.

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



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

Oblicuos



Los estacionamientos oblicuos son aquellos donde los cajones o casillas de estacionamientos no son paralelos a la línea de flujo y tiene una inclinación que permite una Optimización de la cantidad de casillas longitudinalmente, pero que para ello requiere también de un mayor espacio transversal al flujo de circulación. Normalmente en vías de trazo urbano con carriles normales de 2.50, 3.00 ó 3.30 mts, con ancho importante de acuerdo al ángulo de esviajamiento de las casillas de estacionamiento también van variando las dimensiones tanto en la separación d y el alto L . Algunos valores están dados en la siguiente Tabla N° 2.4.

Tabla N° 2.4 valores recomendables

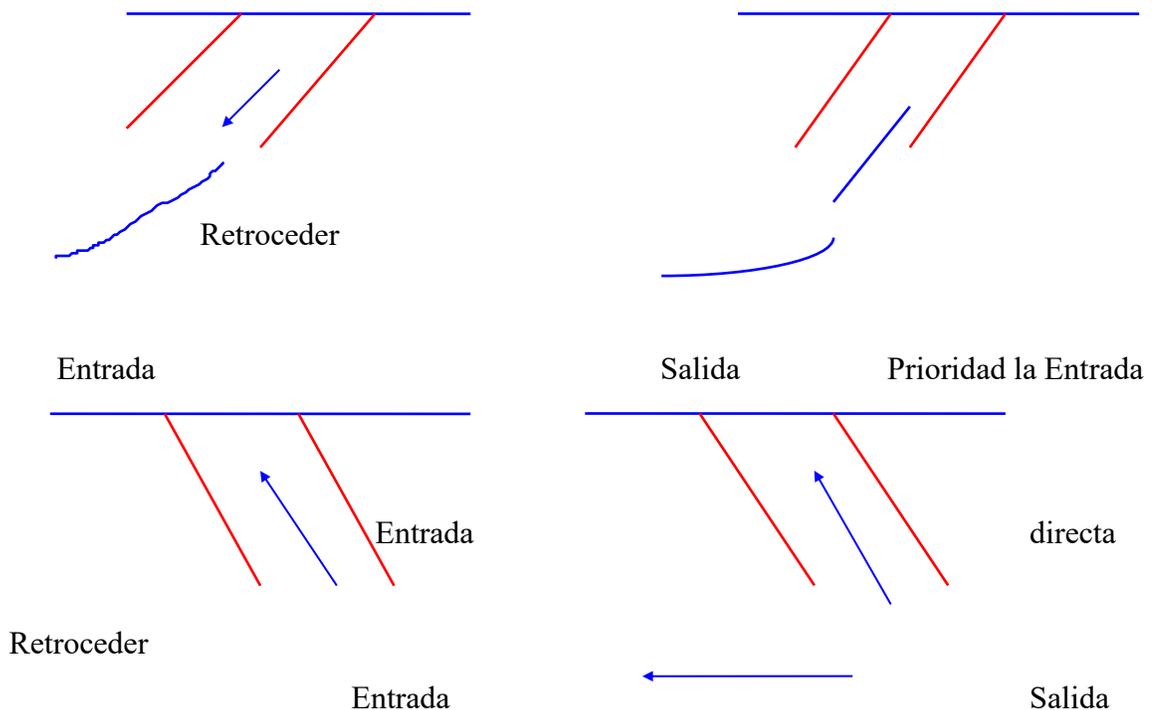
α	Distancia		L
	Mínimos	Máximo	Mínimo
30°	4,87	4,57	2,81
45°	3,96	3,36	3,96
60°	-	3,36	5,82
90°	-	2,74	-

Fuente: HCM Manual de Estacionamiento en vías públicas

De acuerdo a esta tabla podemos concluir diciendo que la elección del tipo de casillas oblicuas para estacionamiento dependerá del espacio disponible y de la maniobrabilidad que se le quiere dar. Estos estacionamientos oblicuos generalmente tienen dos posibilidades de maniobras 1 de entrada y otra de salida, para algunos proyectistas es más importante el ingreso que la salida, pero para otro en forma inversa, es más importante la salida que el ingreso, pero para ello se pueden dar dos sentidos diferentes de casilla de estacionamiento.

Cuando la prioridad es de salida se tiene.

Prioridad de salida



2.6.9 Oferta y demanda en estacionamiento dentro de la vía

El objetivo fundamental dentro del estudio de este 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.

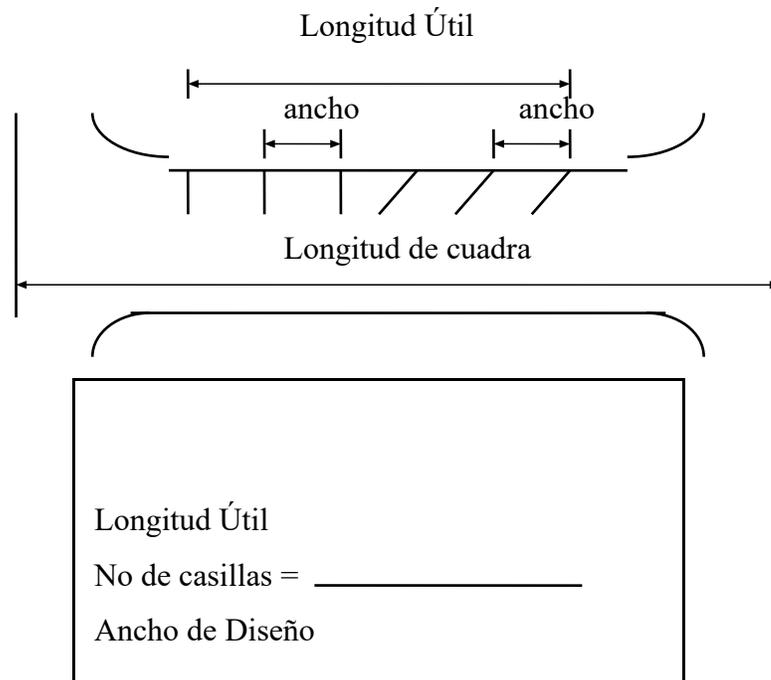
Determinación de la oferta de estacionamiento

La oferta de estacionamiento esta dado por la relación

$$\text{Oferta} = \text{Nro de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

El número de casillas se obtendrá a través de un levantamiento de la zona de estudio previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento.

El levantamiento consiste en determinar la longitud de las cuadras en la zona de estudio y a partir de ellas determinar las longitudes útiles.



El índice de ocupación es el Nro de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora.

Este índice de ocupación se determina a través de un aforamiento en la zona de estudio para lo cual se hace un registro de las placas de los vehículos estacionados cada 15 minutos si son estudios de largo alcance podrán realizarse estos registros en 3 horas al y en 3 días a la semana y 3 épocas del año si el estudio es corto se debe hacer un registro en una semana en por lo menos 10 horas al día considerando las 10 horas de mayor flujo.

Demanda de estacionamiento

Para completar un estudio de estacionamiento es imprescindible determinar la demanda ya sea de la zona de estudio o en general la demanda de una ciudad, es muy difícil determinar con exactitud cuál es esa demanda, en virtud de que dependen de una serie de factores o variables como ser población.

No de parque automotor, volúmenes de circulación en la zona de estudio restricciones de estacionamiento, tiempo de estacionamiento, etc.

La influencia de cada uno de estas variables en la cantidad de demanda de estacionamiento no es totalmente fija sino también dependerá o varía con relación a las horas de circulación a las zonas de la ciudad al no de centros que genera estacionamientos, lo que impide tener un valor exacto y único de demanda de estacionamiento sin embargo en la práctica se debe encontrar una metodología que nos permita determinar el valor de demanda de estacionamiento para una zona de estudio y compararla con la oferta para establecer si existe o no la necesidad de contar con mayor espacios de estacionamiento o restricción de áreas de estacionamiento.

Metodología para obtener la demanda

La metodología que se sigue:

- **Una recolección de datos**
- **Encuestas a usuarios**
- **Un análisis**
- **Resultados**

a) Recopilación de datos

Existen una serie de datos que pueden ser provenientes de información o registro y otros provenientes de aforamiento en campo. Entre la recopilación de datos de información se tienen: la población de toda la ciudad, si es posible por áreas provenientes de los últimos censos.

El número del parque automotor actualizado que generalmente está registrado en los organismos de tránsito y en los departamentos de tráfico de los municipios.

Esta información mientras más desglosada sea mejor para el análisis es decir tener registros del parque automotor de vehículos particulares y públicos el registro de vehículos livianos, medianos y pesados, etc.

El volumen máximo de circulación si el estudio máximo esta requerido solo a una zona son datos que provienen del estudio de volúmenes tanto como forma horaria y diaria se puede obtener valores de volúmenes de tráfico en circulación.

Los tiempos de estacionamiento es una información que necesariamente resultara del aforamiento que se realice en la zona de estudio que consiste en registrar el número de vehículos en periodos de tiempos definidos generalmente en periodos de tiempos de 15 ó 20 minutos de tal manera que vayan identificando el tiempo de permanencia de cada vehículo en el estacionamiento de esos valores se determina un promedio y si son varias calles entra todos los valores promedios se determina otro valor medio si se trata de una calle que en la actualidad está sin estacionamiento o con estacionamiento restringido pero que si se quiere determinar si es o no posible determinar una demanda o una oferta de estacionamiento se buscaran calles adyacentes para la determinación de tiempos de estacionamientos medios.

b) Encuestas

La recopilación de datos no es suficiente información para realizar un análisis más real por ello se recomienda la realización de encuestas a los usuarios conductores en el área de estudio. Necesariamente para la realización de estas encuestas se debe disponer de personal adecuado una publicidad anterior y los permisos de los organismos de tránsito dichas encuestas nos darán como resultado necesidad de estacionamiento, lugares preferentes de estacionamiento, razones o motivos de estacionamiento, tiempo de estacionamiento, etc.

c) Análisis

Con la información disponible de la recopilación de datos y las encuestas se debe realizar un análisis y dependiendo de la información y confiabilidad en los datos ver si estos son suficientes para su utilización en la obtención de resultados.

d) Resultados

Los resultados de la necesidad de estacionamiento en una zona de estudio se obtendrán a partir de una relación entre la oferta y la demanda siendo esta última determinada por una relación:

$$\text{Demanda} = fp * fv * f \text{ ind. ocup.} * \text{parque automotor}$$

f_p = Factor de población que para valores de población entre 25000 - 100000 tiene un valor recomendable de 0.36

f_v = Es un factor de volumen que es una relación entre el volumen/h en la zona sobre el volumen del parque automotor.

f_i = Índice de ocupación que es una relación entre el número de vehículos que se estacionan y el valor de $\cdot\#$ de espacios para estacionamientos conocido como índice de estacionamiento y ese valor dividido entre el volumen máximo horario de la zona de estudio.

Los resultados además de encontrar valores concretos de oferta y de demanda y necesidad de estacionamiento deben mostrarnos una relación horaria de estos valores es decir una relación oferta con relación a tiempo, demanda con relación a horas de circulación y necesidad de estacionamiento con relación a las horas de circulación, esos resultados nos permitirán finalmente establecer en la zona de estudio áreas de estacionamiento restringido, áreas de estacionamiento permitido y zonas de parqueo.

2.6.9.1 Soluciones al tráfico de motocicletas

Carriles Exclusivos para Motocicletas

Establecer carriles exclusivos para motocicletas en vías principales implica la asignación de un espacio específico en la calzada destinado únicamente al tráfico de motos. Estos carriles ofrecen una serie de ventajas, como la reducción de la interacción con vehículos más grandes, lo que disminuye el riesgo de accidentes y mejora la seguridad vial para los motociclistas. Además, al separar a las motocicletas del tráfico general, se puede aumentar la fluidez del tránsito, ya que las motos pueden moverse más libremente sin obstruir el flujo de otros vehículos.

Estacionamientos Específicos

La creación de áreas de estacionamiento exclusivas para motocicletas implica la designación de espacios específicos cerca de zonas comerciales y residenciales destinados únicamente al estacionamiento de motos. Estas áreas proporcionan un lugar seguro y conveniente para que los motociclistas estacionen sus vehículos, lo que reduce la probabilidad de que ocupen espacios inadecuados y obstaculicen el tráfico. Al garantizar la disponibilidad de estacionamientos adecuados, se promueve una circulación más fluida y segura en las vías públicas.

Mejora de la Superficie Vial

La mejora de la superficie vial implica mantener y reparar regularmente las condiciones de las carreteras y calles para garantizar una conducción segura para todos los usuarios, incluidos los motociclistas. Esto implica la reparación de baches, la nivelación de superficies irregulares y la eliminación de obstáculos que puedan representar un peligro para las motocicletas. Una superficie vial adecuada no solo mejora la seguridad vial, sino que también contribuye a una experiencia de conducción más cómoda y placentera para los motociclistas.

Normativas de Seguridad

Las normativas de seguridad son reglamentos establecidos por las autoridades competentes que regulan el comportamiento y equipamiento obligatorio de los motociclistas. Esto puede incluir el uso obligatorio de cascos y otros equipos de protección, así como requisitos específicos relacionados con el estado técnico de la motocicleta. El objetivo principal de estas normativas es reducir el riesgo de lesiones en caso de accidente y promover una cultura de seguridad vial entre los motociclistas.

Limitación de Velocidad

La limitación de velocidad para motocicletas implica establecer límites de velocidad específicos para estos vehículos en zonas urbanas y rurales. Estos límites se basan en consideraciones de seguridad vial y están diseñados para reducir el riesgo de accidentes y lesiones graves. Al adaptar los límites de velocidad a las características de las motocicletas y las condiciones de la vía, se promueve una conducción más segura y responsable por parte de los motociclistas.

Licencias y Capacitación

La exigencia de una capacitación específica y rigurosa para obtener licencias de conducir motocicletas es fundamental para garantizar que los motociclistas tengan las habilidades necesarias para circular de manera segura en las vías públicas. Esto incluye educación sobre seguridad vial, técnicas de manejo defensivo y conocimiento de las normativas de tráfico. Una capacitación adecuada no solo mejora la seguridad de los motociclistas, sino que también contribuye a reducir el riesgo de accidentes y conflictos con otros usuarios de la vía.

Controles de Emisiones

Los controles de emisiones para motocicletas implican la regulación de las emisiones de escape de estos vehículos para reducir su impacto ambiental. Esto puede incluir la implementación de estándares de emisiones más estrictos, la promoción de tecnologías de motor más limpias y la incentivación del uso de motocicletas eléctricas o de combustibles alternativos. Al reducir las emisiones contaminantes de las motocicletas, se contribuye a mejorar la calidad del aire y mitigar el cambio climático.

Campañas de Concientización

Las campañas de concientización sobre la seguridad vial dirigidas tanto a motociclistas como a conductores de otros vehículos son fundamentales para promover una convivencia pacífica y respetuosa en las vías públicas. Estas campañas pueden abordar temas como el respeto mutuo entre todos los usuarios de la vía, la importancia de cumplir con las normativas de tráfico y la prevención de accidentes. Al aumentar la conciencia sobre estos temas, se fomenta una cultura de seguridad vial que beneficia a toda la comunidad.

Educación Vial en Escuelas

La inclusión de programas de educación vial en escuelas y colegios es una estrategia efectiva para inculcar desde edades tempranas valores y comportamientos seguros en las vías públicas. Estos programas pueden abarcar temas como el respeto por las normas de tráfico, el uso adecuado de los espacios públicos y la importancia de la responsabilidad individual en la seguridad vial. Al educar a los niños y jóvenes sobre estos aspectos, se contribuye a formar ciudadanos responsables y conscientes de su papel en la prevención de accidentes.

Programas de Responsabilidad Social

Los programas de responsabilidad social empresarial pueden incluir iniciativas dirigidas a promover la seguridad vial entre los empleados que utilizan motocicletas como medio de transporte. Estas iniciativas pueden incluir la organización de charlas de seguridad vial, la distribución de materiales educativos y la implementación de medidas de prevención de accidentes en el lugar de trabajo. Al involucrar a las empresas en la promoción de la seguridad vial, se crea un entorno favorable para la adopción de prácticas seguras por parte de los motociclistas.

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Ubicación

El área correspondiente a los tramos de estudio del presente proyecto, se encuentra ubicada en Bolivia, en el departamento de Tarija Provincia Cercado, en la ciudad de Tarija. La Provincia Cercado es una de las seis Provincias que conforman el departamento de Tarija, esta se encuentra ubicada en el Centro-Oeste del departamento y limita al Noroeste con la Provincia Méndez, al este con la Provincia de Burdet O'Connor, al sur con la Provincia Arce y al Suroeste con la Provincia Avilés, Tarija es la capital de todo el departamento.

La ciudad de Tarija tiene un clima templado con una temperatura promedio de 25 °C.

Las vías urbanas en estudio corresponden a tramos pavimentados dentro del área urbana de la ciudad de Tarija.

Figura 3.1 Mapa de Bolivia



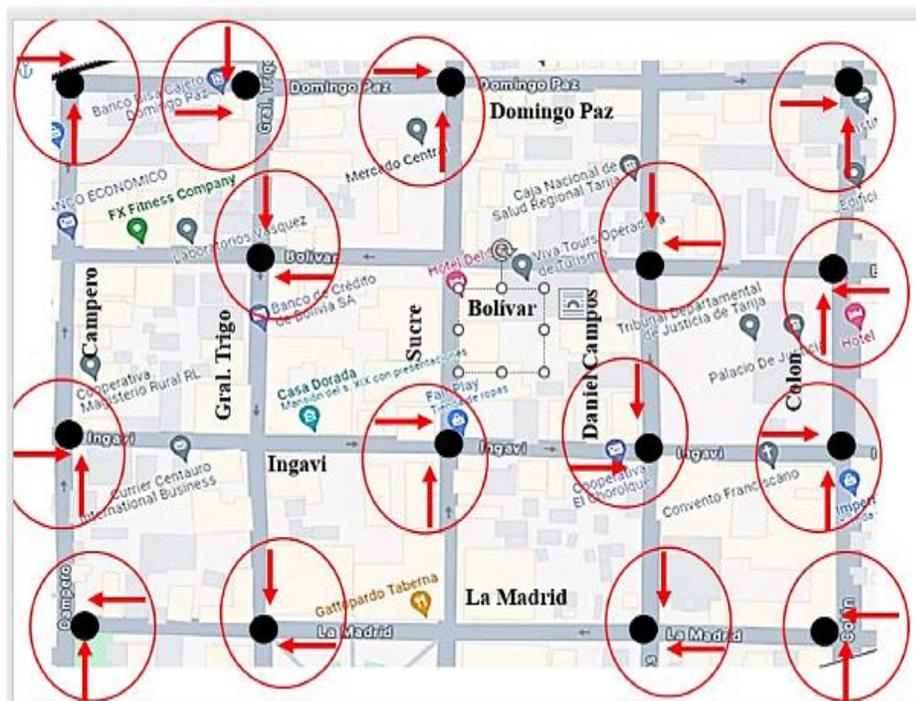
Fuente: Atlas de Bolivia.

Figura 3.4 Plano de la ciudad de Tarija



Fuente: Atlas de Bolivia.

Figura 3.5 Plano de intersecciones en el área de estudio



Fuente: Google Maps.

El estudio del proyecto se realizará en el centro de la ciudad de Tarija que cuentan con los requisitos necesarios para ejecutarlo, es por esto que la aplicación práctica del estudio requiere de datos específicos de estos tramos.

3.2 Características de los tramos

Los tramos de estudio se encuentran ubicados

en la ciudad de Tarija que cuenta con las siguientes características:

- **Población**

Tarija ciudad originalmente fundada con el nombre de Villa de San Bernardo de la Frontera de Tarixa, es un municipio y una ciudad de Bolivia, capital del departamento homónimo. cuenta con una población de 247.000 habitantes, por lo que es la ciudad más poblada de la Provincia de Cercado y la séptima de Bolivia. se encuentra ubicada en el valle del río nuevo Guadalquivir a 1834 msnm.

- **Clima**

El clima de la ciudad de Tarija y el valle en la que se encuentra es llamado "Paraíso de la primavera", ya que predomina durante la mayor parte del año un clima templado o mesotérmico, con una temperatura promedio de 20 °C, aunque cada estación es muy marcada, sin embargo durante los inviernos (especialmente durante el mes de julio) la temperatura suele bajar de los 0° c llegando a disminuciones térmicas increíbles para la latitud y altitud (la zona es en los mapas "tropical"): todos los inviernos son fríos; por ejemplo en 1966 se registró en esta ciudad una temperatura absoluta de -9,5 °C (nueve grados y medio bajo cero) y el 20 de julio de 2010 en la misma ciudad de San Bernardo de Tarija la temperatura bajó a - 9, 2 °C (nueve grados con dos décimas bajo cero) acompañada tal temperatura por copiosas nevadas.

3.2.1 Centro de la ciudad de Tarija

El casco viejo de nuestra ciudad de Tarija se encuentra en estado conflictivo desde varias decenas de años atrás, debido al crecimiento vehicular que existe en nuestro medio, que es alto y está en ascenso progresivo, provocando: congestiónamiento, excedencia en su capacidad y nivel de servicio de las vías, falta de zonas de estacionamiento, etc., debido a estas circunstancias se torna caótico, especialmente en horas y días picos. Desde hace más de cincuenta años, la plaza de armas Luis de Fuentes ha sido testigo silencioso de los cambios que han sufrido las diversas edificaciones asentadas en sus alrededores y del

desarrollo de la ciudad que se proyecta al futuro. Aunque en la época de la Colonia, ésta se encontraba en la esquina oeste de la plaza, donde se situaba la casa que pertenecía a la familia Ávila Echazú. Vale decir, en la cuadra donde se ubica la Gobernación y el Comité Cívico. Donde actualmente se encuentra el edificio del Concejo Municipal, funcionaba la Intendencia de Policía y al lado estaba la Cárcel Pública. El edificio de la Alcaldía siempre estuvo donde ahora se encuentra y data de finales de 1930. El alcalde Isaac Attie fue el que construyó el edificio de la Alcaldía y fue quien también dispuso la edificación de la Biblioteca Municipal y del Museo. Además, se le atribuye la construcción del Palacio de Justicia y de los chalets municipales donde ahora funciona la Universidad Juan Misael Saracho. En nuestro recorrido, llegamos a donde actualmente se encuentran las oficinas del Banco Unión, que originalmente era la casa del Marqués Campero, la cual fue adquirida por don Juan Navajas. Hoy conserva su fachada, como fue construida originalmente. Al lado del Marqués Campero se encontraba la residencia de la familia Estensoro. En la esquina donde ahora se ubica el restaurante Gato Pardo, está la casa que pertenecía la familia Pizarro. Sus integrantes rentaban la planta baja y habitaban en la planta alta. Durante muchos años, en la vivienda de la familia Pizarro funcionaron las oficinas del Lloyd Aéreo Boliviano. Detrás de la residencia Pizarro, había tiendas de comercios con una diversidad de productos que pertenecían a personas extranjeras (sobre todo sirios y judíos), que se desplazaban hasta cerca del Mercado Central. En los alrededores de la calle Sucre se podía también encontrar este tipo de negocios. Al observar el casco viejo de la ciudad se puede notar que existen grandes cambios que se van produciendo día a día, sobre todo en las edificaciones. La Catedral fue edificada cerca de la plaza, luego fue ubicada en la calle Campero.

3.3 Estudio del tráfico en el área de estudio

3.3.1 Ubicación de puntos de estudio

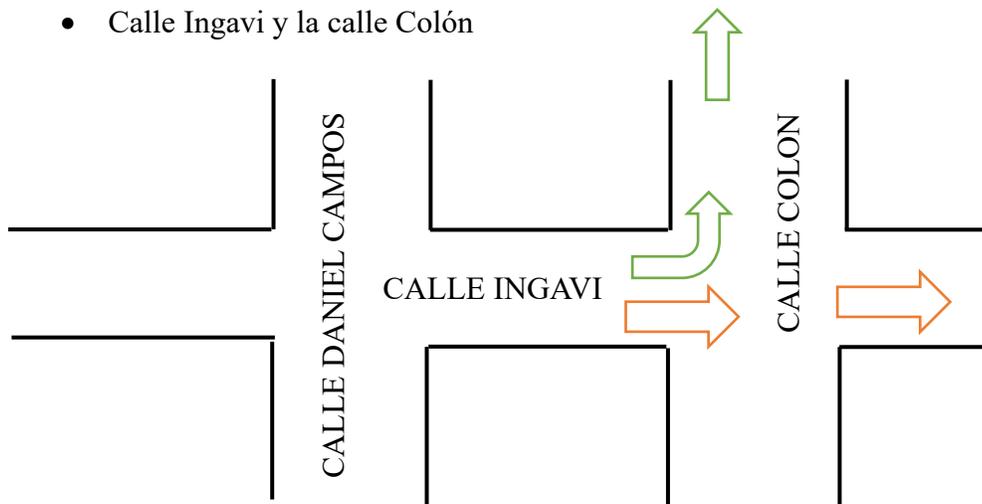
Para el respectivo estudio del tráfico se tomaron puntos específicos siendo éstos los siguientes:

- Av. Domingo Paz y calle Campero
- Av. Domingo Paz y calle General Trigo
- Av. Domingo Paz y calle Sucre
- Av. Domingo Paz y calle Colón

- Calle Bolívar y calle General Trigo
- Calle Bolívar y calle Daniel Campos
- Calle Bolívar y calle Colón
- Calle Ingavi y calle Campero
- Calle Ingavi y la calle Sucre
- Calle Ingavi y la calle Daniel Campos
- Calle Ingavi y la calle Colón
- Calle Madrid y calle Campero
- Calle Madrid y la calle General Trigo
- Calle Madrid y la calle Daniel Campos
- Calle Madrid y la calle Colón

Se realizará el procedimiento y cálculos que nos permitan demostrar el estudio que se realizó en toda el área.

- Calle Ingavi y la calle Colón



3.3.2 Procedimiento de medición de velocidad de punto

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico se estableció el área donde se generan mayor congestión y demoras de circulación en el centro de la ciudad de Tarija, respectivamente en quince intersecciones de zonas más congestionadas de la zona de estudio.

Para proceder a desarrollar el aforo de los vehículos se desarrolló por el método manual, lo primero que se hará es el conteo de todos los vehículos y motocicletas que circulan por dichas calles de la ciudad desde las 07:00 am hasta las 21:00 pm para observar qué horas

del día se generarían el mayor movimiento de los vehículos para poder tener conocimiento de las horas pico y consecuentemente los días picos de la semana.

El aforo de velocidad de punto del transporte público y privado que se realizará en los puntos específicos, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará en cada punto de aforo, tomando las mediciones respectivas de los distintos vehículos que pasan por dichos puntos de estudio anotando en planillas. La información que se recopilara es clasificada por cada acceso y sentidos de circulación de llegada a los puntos estudiados. A través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de velocidades son de 1 mes, 3 días a la semana por 3 horas al día, de los cuales son 2 días hábiles de lunes a viernes y 1 día no hábil sábado o domingo durante 1 mes en horarios picos. Para realizar la medición el observador se ubicó en el tramo central entre cada acceso que llegaba a la intersección, la distancia que se tomó fue de 25 metros de distancia el tramo de estudio, lo cual se hizo la medición de la distancia con la ayuda de una cinta métrica, teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de los automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda cronometrar los tiempos de cada uno de los vehículos y motocicletas. La medición de las velocidades se realizó tomando el aforo 5 vehículos y 10 motocicletas, un vehículo cada 10 minutos y una motocicleta cada 5 minutos por hora que pasan por la calle en estudio que se encuentran en circulación, que fue aplicado en el punto donde el flujo sea libre sin interferencias de demoras. El dato obtenido se llevará a una hoja de cálculo la cual nos servirá para analizar los resultados obtenidos y así mostrarnos el comportamiento de los vehículos y motocicletas en el área de estudio y poder así ver la calidad de circulación con la que cuenta el tramo, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestionamiento y así poder realizar la evaluación de la demanda y oferta que presenta las principales calles del centro de la ciudad de Tarija.

3.3.2.1 Aforos de velocidad de punto de motocicletas y vehículos

Para proceder a la medición de las velocidades de punto en la zona de estudio, se realizó de la siguiente manera, se realizó la medición de la distancia de un punto a otro, en la intersección donde se tenía menos afluencia vehicular sin ningún tipo de obstrucciones, se tomó la distancia de 25 metros en el tramo de estudio; luego se controló el tiempo en

que tarda en pasar por esa distancia medida, registrando 5 vehículos y 10 motocicletas, un vehículo cada 10 minutos y una motocicleta cada 5 minutos por hora. Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico (08:00–09:00, 12:00–13:00 y 18:00–19:00) de un día completo, tres días de la semana para tener de una semana completa, durante las 4 semanas para completar el mes, en las horas pico ya establecidas. Para calcular las velocidades de punto en (km/h), de los aforos de tiempos se usó la siguiente ecuación:

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

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de recorrido (h)

Figura 3.6 Intersección calle Ingavi y la calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.1 Velocidad de punto de Motocicletas Avenida Domingo Paz

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	23,56	23,20	23,78	23,20
Miércoles	21,95	21,20	21,95	22,10
Sábado	21,55	22,55	23,43	22,87
Media	22,35	22,32	23,05	22,72
	22,61			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.2 Velocidad de punto de Vehículos Avenida Domingo Paz

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	18,98	18,54	17,94	19,21
Miércoles	17,35	18,80	18,48	17,25
Sábado	18,58	17,44	19,10	18,81
Media	18,30	18,26	18,51	18,42
	18,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.3 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Bolivar

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	16,70	17,03	16,99	16,10
Miércoles	16,22	15,28	16,58	15,95
Sábado	16,10	16,22	17,23	16,02
Media	16,34	16,18	16,93	16,02
	16,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.4 Velocidad de punto de Vehículos calle Bolivar

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	12,36	13,20	11,95	12,09
Miércoles	13,01	12,15	12,65	12,40
Sábado	12,95	12,01	11,84	11,87
Media	12,77	12,45	12,15	12,12
	12,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.5 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Ingavi

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	13,60	13,95	14,03	14,15
Miércoles	14,10	13,23	13,10	12,36
Sábado	13,22	13,55	13,55	13,89
Media	13,64	13,58	13,56	13,47
	13,56			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.6 Velocidad de punto de Vehículos calle Ingavi

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	10,01	10,77	11,09	11,01
Miércoles	11,11	11,01	10,78	10,20
Sábado	10,33	11,25	11,84	11,87
Media	10,48	11,01	11,24	11,03
	10,94			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.7 Velocidad de punto de Motocicletas Calle La Madrid

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	11,75	11,65	11,54	11,98
Miércoles	11,89	11,15	10,89	11,59
Sábado	11,44	11,01	12,33	11,77
Media	11,69	11,27	11,59	11,78
	11,58			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.8 Velocidad de punto de Vehículos calle La Madrid

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	16,25	16,22	16,25	16,15
Miércoles	15,95	15,45	16,05	15,84
Sábado	16,11	15,84	15,98	15,91
Media	16,10	15,84	16,09	15,97
	16,00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.9 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Campero

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	13,58	13,85	12,95	13,81
Miércoles	12,84	12,84	13,15	12,84
Sábado	13,95	13,22	13,54	13,88
Media	13,46	13,30	13,21	13,51
	13,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.10 Velocidad de punto de Vehículos calle Campero

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	9,95	9,91	10,71	10,23
Miércoles	10,45	10,54	10,48	10,29
Sábado	10,33	10,88	10,15	10,50
Media	10,24	10,44	10,45	10,34
	10,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.11 Velocidad de punto de Motocicletas Calle General Trigo

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	12,56	12,65	12,49	12,98
Miércoles	13,11	13,55	13,22	13,38
Sábado	12,98	12,99	11,59	13,02
Media	12,88	13,06	12,43	13,13
	12,88			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.12 Velocidad de punto de Vehículos calle General Trigo

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	9,95	9,91	10,71	10,23
Miércoles	10,45	10,54	10,48	10,29
Sábado	10,33	10,88	10,15	10,50
Media	10,24	10,44	10,45	10,34
	10,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.13 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Sucre

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	13,48	13,49	12,85	12,84
Miércoles	12,81	12,74	13,55	12,75
Sábado	13,33	13,29	13,37	13,78
Media	13,21	13,17	13,26	13,12
	13,19			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.14 Velocidad de punto de Vehículos calle Sucre

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	12,15	12,02	11,95	12,09
Miércoles	12,58	12,15	11,11	11,99
Sábado	11,96	11,85	11,84	11,87
Media	12,23	12,01	11,63	11,98
	11,96			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.15 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Daniel Campos

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	20,92	20,20	20,25	20,21
Miércoles	21,55	21,45	21,95	20,95
Sábado	21,53	21,48	21,22	21,33
Media	21,33	21,04	21,14	20,83
	21,09			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.16 Velocidad de punto de Vehículos calle Daniel Campos

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	16,51	17,05	16,88	16,43
Miércoles	16,23	16,85	16,95	16,91
Sábado	16,55	16,95	16,22	17,06
Media	16,43	16,95	16,68	16,80
	16,72			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.17 Velocidad de punto de Motocicletas Calle Colón

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	25,33	24,99	24,95	24,88
Miércoles	25,02	25,20	24,88	24,99
Sábado	25,33	25,01	25,03	25,01
Media	25,23	25,07	24,95	24,96
	25,05			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.18 Velocidad de punto de Vehículos calle Colón

Resumen (Km/Hrs)				
Día	Semana 1	Semana 2	Semana3	Semana 4
Lunes	22,50	22,35	22,75	22,21
Miércoles	21,96	21,19	21,94	22,55
Sábado	21,48	22,15	22,67	22,04
Media	21,98	21,90	22,45	22,27
	22,15			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.19 Resumen de Velocidad de punto de las calles de estudio

Resumen (Km/Hrs)		
Calle	Motocicletas	Vehículos
Domingo Paz	22,61	18,37
Bolivar	16,46	12,37
Ingavi	13,56	10,94
La Madrid	11,58	16,00
Campero	13,37	10,38
General Trigo	12,88	10,08
Sucre	13,19	11,96
Daniel Campos	21,09	16,72
Colón	25,05	22,15

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los datos de medición de tiempos en todas las calles y se determinó las velocidades de motocicletas y vehículos del transporte público como privado se encuentra en Anexo 2.

3.3.3 Aforo de volúmenes

3.3.3.1 Aforos de volúmenes de un día para determinar las horas pico

Se realizó el aforo de un día desde las 7 de la mañana hasta las 9 de la noche en un tramo del centro de la ciudad, aforando los motocicletas y vehículos que circulan por dicho tramo, determinamos la cantidad de motocicletas y vehículos por hora para graficar en un histograma y establecer las horas pico del día, del cual se eligió las que tenían mayor cantidad por hora, mediante ese criterio obtendremos las horas pico del día, para todos los

puntos ya mencionados y así realizar el estudio de velocidades, capacidad y estacionamiento.

La persona encargada del aforo se coloca al centro del tramo y realiza el conteo de vehículos y motocicletas, utilizando un cronometro controla el tiempo, observando y anotando la cantidad de vehículos pasan por la ubicación en la que se encuentra luego se procede a realizar el histograma que nos permita decidir qué hora serán las picos del centro de la ciudad.

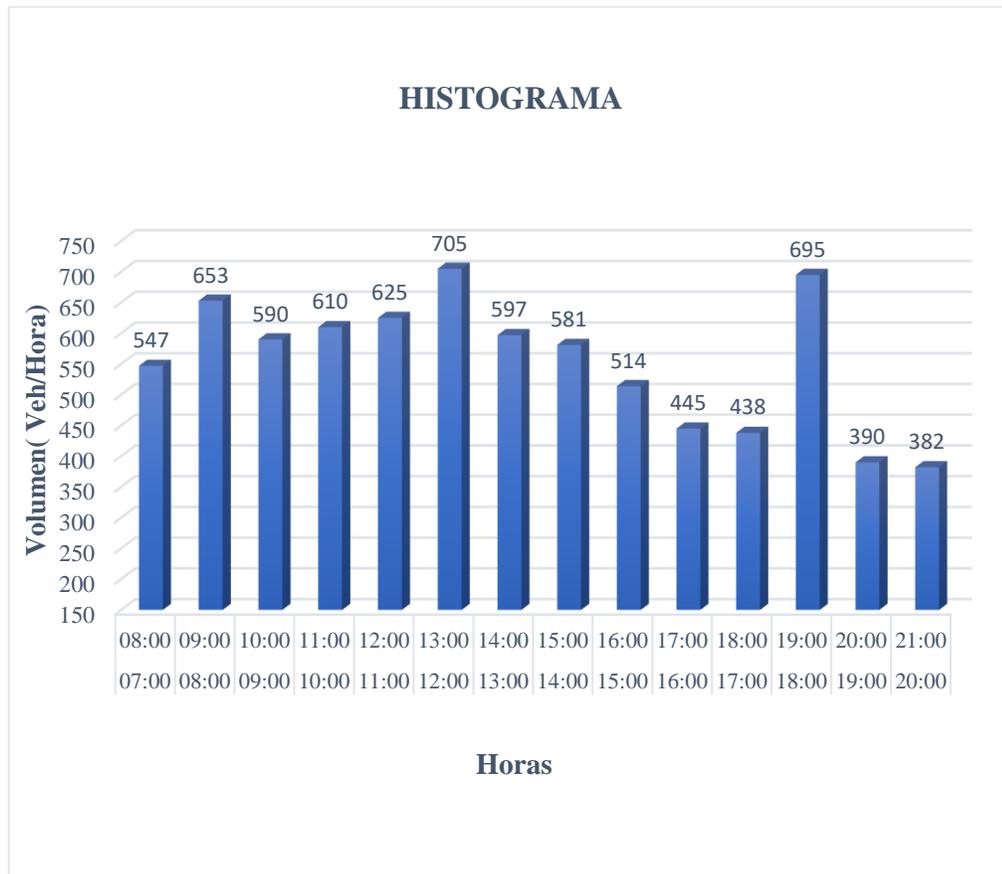
Tabla N° 3.20 Resumen de horario de volúmenes en la calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar

Horas		Volumen (Veh/Hora)
07:00	08:00	547
08:00	09:00	653
09:00	10:00	590
10:00	11:00	610
11:00	12:00	625
12:00	13:00	705
13:00	14:00	597
14:00	15:00	581
15:00	16:00	514
16:00	17:00	445
17:00	18:00	438
18:00	19:00	695
19:00	20:00	390
20:00	21:00	382

Fuente: Elaboración propia

La tabla recopilada de datos de aforo nos indica la cantidad de vehículos que circulan por dicho punto en cada hora tomando sus registros respectivos, Para la determinación horas pico, se ubicó cómo punto de aforo la Calle Campero entre Avenida Domingo Paz y calle Bolivar, estableciendo que las horas de máximo volumen son 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 pm.

Figura 3.21 Horas pico de los aforos en la Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar



Fuente: Elaboración propia

Este gráfico es un histograma que muestra el volumen de vehículos por hora (Veh/Hora) a lo largo de un día, desde las 7:00 hasta las 21:00.

En el eje X representa las horas del día, desde las 7:00 hasta las 20:00 y el eje indica el volumen de tráfico expresados en vehículos por hora (Veh/Hora).

El gráfico muestra las horas pico en el tráfico vehicular del centro de la ciudad, identificando tres periodos críticos los cuales son 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 pm. donde circulan la mayor cantidad de vehículos por hora.

08:00 - 9:00 am= donde circulan 653 vehículos por hora.

12:00 - 13:00 pm= donde circulan 705 vehículos por hora.

18:00-19:00 pm= donde circulan 695 vehículos por hora.

Tabla N° 3.21 Volúmenes de motocicletas y vehículos de la calle Ingavi entre calle Colón y Daniel Campos Semana 1

Calle Ingavi entre calle Colón y Daniel Campos													
SEMANA 1													
Tipo de Vehículo	Dirección	Lunes				Miércoles				Sábado			
		Recto		G. Izquierda		Recto		G. Izquierda		Recto		G. Izquierda	
	Horario	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado
Liviano	08:00-09:00	91	78	62	50	88	75	59	47	85	72	56	44
	12:00-13:00	94	149	55	69	106	161	67	81	118	173	79	93
	18:00-19:00	113	151	60	71	114	152	61	72	115	153	62	73
Mediano	08:00-09:00	19	0	13	0	23	0	17	0	27	0	21	0
	12:00-13:00	14	0	13	0	9	0	8	0	4	0	3	0
	18:00-19:00	19	0	10	0	20	0	11	0	21	0	12	0
Moto	08:00-09:00	34		26		52		41		67		56	
	12:00-13:00	101		35		83		50		98		65	
	18:00-19:00	63		31		59		26		71		41	
Pesado	08:00-09:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12:00-13:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18:00-19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub total		925		495		941		540		1003		605	
% de Giro				34,88%				36,48%				37,65%	
Sub total Motocicletas		289				310				397			
Sub total Vehículos		1131				1171				1211			
Total		1420				1481				1608			

Fuente: Elaboración propia

La tabla que corresponde a la Semana 1 para el tráfico vehicular en la Calle Ingavi entre las calles Colón y Daniel Campos, analizando los distintos tipos de vehículos y motocicletas en sus respectivas direcciones de movimiento.

Se observa el comportamiento de volúmenes de motocicletas y vehículos en tres días de la semana, dos días hábiles Lunes y Miércoles y un día no hábil el Sábado, donde podemos verificar que la cantidad de vehículos que circula por hora en esos días son los siguientes Lunes 1420 vehículos/hora donde 289 son motocicletas y 1131 vehículos del transporte público y privado, siendo el giro a la izquierda el 36,48% del total de vehículos.

Miércoles 1481 vehículos/hora donde 310 son motocicletas y 1171 vehículos del transporte público y privado, siendo el giro a la izquierda el 34,88% del total de vehículos.

Sábado 1608 vehículos/hora donde 397 son motocicletas y 1211 vehículos del transporte público y privado, siendo el giro a la izquierda el 37,65% del total de vehículos.

Tabla N° 3.22 Resumen de volúmenes de Motocicletas y Vehículos de las calles de estudio

Calle	Moto	Veh.	Total de Moto+Veh	% Moto	% Veh.
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y Juan Misael Saracho	94	211	305	30,82	69,18
Av. Domingo Paz Sur a Norte entre C. General Trigo y C. Campero	52	50	102	50,98	49,02
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y C. General Trigo	272	1047	1319	20,62	79,38
Av. Domingo Paz entre C. Sucre y C. General Trigo	197	845	1042	18,91	81,09
Av. Domingo Paz entre C. Colón y C. Daniel Campos	180	937	1117	16,11	83,89
C. Bolivar entre C. General Trigo y C. Sucre	139	865	1004	13,84	86,16
C. Bolivar entre C. Daniel Campos y C. Colón	239	1091	1330	17,97	82,03
C. Bolivar entre C. Colón y C. Suipacha	187	735	922	20,28	79,72
C. Ingavi entre C. Campero y C. General Trigo	217	771	988	21,96	78,04
C. Ingavi entre la C. Sucre y C. General Trigo	217	957	1174	18,48	81,52
C. Ingavi entre C. Daniel Campos y C. Sucre	225	931	1156	19,46	80,54

C. Ingavi entre C. Colón y C. Daniel Campos	289	1131	1420	20,35	79,65
C. Madrid entre C. Campero y General Trigo	339	674	1013	33,46	66,54
C. Madrid entre la C. General Trigo y C. Sucre	313	872	1185	26,41	73,59
C. Madrid entre C. Daniel Campos y C. Colón	169	625	794	21,28	78,72
C. Madrid entre C. Colón y C. Suipacha	233	779	1012	23,02	76,98
C. Campero entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	275	951	1226	22,43	77,57
C. General Trigo entre Av. Domingo Paz y C. Corrado	352	1128	1480	23,78	76,22
C. Sucre entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	203	939	1142	17,78	82,22
C. Colón entre Domingo Paz y C. Bolivar	314	1008	1322	23,75	76,25
C. General Trigo entre C. Bolivar y Domingo Paz	247	817	1064	23,21	76,79
C. Daniel Campos entre C. Bolivar y Domingo Paz	283	873	1156	24,48	75,52
C. Colón entre C. Bolivar y C. Ingavi	272	1075	1347	20,19	79,81
C. Campero entre C. Ingavi y C. Bolivar	254	854	1108	22,92	77,08
C. Sucre entre C. Ingavi y C. Bolivar	217	871	1088	19,94	80,06
C. Daniel Campos entre C. Ingavi y C. Bolivar	261	980	1241	21,03	78,97
C. Colón entre C. Ingavi y C. Madrid	229	885	1114	20,56	79,44
C. Campero entre C. Madrid y C. 15 de Abril	182	1086	1268	14,35	85,65
C. General Trigo entre C. Madrid y C. Ingavi	247	759	1006	24,55	75,45
C. Daniel Campos entre C. Madrid y C. la Ingavi	208	798	1006	20,68	79,32
C. Colón entre C. Madrid y C. 15 de Abril	267	787	1054	25,33	74,67

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los datos de volúmenes de todas las calles y se determinó las gráficas de volúmenes de Motocicletas vs Vehículos donde se procederá a evaluar en el análisis de

resultados el comportamiento de las motocicletas frente a la cantidad de vehículos que circulan por cada tramo. Las tablas e imágenes se encuentran en el Anexo 1.

3.3.4 Densidad vehicular

3.3.4.1 Determinación de la densidad vehicular

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

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen(Veh/h)}}{\text{Velocidad(Km/h)}}$$

3.3.4.1.1 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Avenida Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y Juan Misael Saracho

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{94 \text{ (Veh/h)}}{22.61 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 4 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{211 \text{ (Veh/h)}}{18.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 11 Veh/Km

3.3.4.1.2 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Avenida Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{52 \text{ (Veh/h)}}{22.61 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 2 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{50 \text{ (Veh/h)}}{18.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 3 Veh/Km

3.3.4.1.3 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Avenida Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y calle General Trigo

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{272 \text{ (Veh/h)}}{22.61 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 12 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1047 \text{ (Veh/h)}}{18.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 57 Veh/Km

3.3.4.1.4 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Avenida Domingo Paz entre calle Sucre y Calle General Trigo

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{197 \text{ (Veh/h)}}{22.61 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 9 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{845 \text{ (Veh/h)}}{18.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 46 Veh/Km

3.3.4.1.5 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Avenida Domingo Paz entre calle Colón y calle Daniel Campos

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{180 \text{ (Veh/h)}}{22.61 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 8 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{937 \text{ (Veh/h)}}{18.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 51 Veh/Km

3.3.4.1.6 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Bolivar entre calle General Trigo y calle Sucre

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{139 \text{ (Veh/h)}}{16.46 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 8 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{865 \text{ (Veh/h)}}{12.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 70 Veh/Km

3.3.4.1.7 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Bolivar entre calle Daniel Campos y calle Colón

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{239 \text{ (Veh/h)}}{16.46 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 15 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1091 \text{ (Veh/h)}}{12.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 88 Veh/Km

3.3.4.1.8 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Bolivar entre calle Colón y Calle Suipacha

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{187 \text{ (Veh/h)}}{16.46 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 11 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{735 \text{ (Veh/h)}}{12.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 59 Veh/Km

3.3.4.1.9 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Ingavi entre calle Campero y Calle General Trigo

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{217 \text{ (Veh/h)}}{13.56 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 16 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{771 \text{ (Veh/h)}}{10.94 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 70 Veh/Km

3.3.4.1.10 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Ingavi entre la calle Sucre y Calle General Trigo

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{217 \text{ (Veh/h)}}{13.56 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 16 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{957 \text{ (Veh/h)}}{10.94 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 87 Veh/Km

3.3.4.1.11 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Ingavi entre calle Daniel Campos y Calle Sucre

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{225 \text{ (Veh/h)}}{13.56 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 17 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{931 \text{ (Veh/h)}}{10.94 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 85 Veh/Km

3.3.4.1.12 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Ingavi entre calle Colón y calle Daniel Campos

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{289 \text{ (Veh/h)}}{13.56 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 21 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1131 \text{ (Veh/h)}}{10.94 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 103 Veh/Km

3.3.4.1.13 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Madrid entre calle Campero y General Trigo

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{339 \text{ (Veh/h)}}{11.58 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 29 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{674 \text{ (Veh/h)}}{16.00 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 42 Veh/Km

3.3.4.1.14 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Madrid entre la calle General Trigo y Calle Sucre

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{313 \text{ (Veh/h)}}{11.58 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 27 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{872 \text{ (Veh/h)}}{16.00 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 55 Veh/Km

3.3.4.1.15 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Madrid entre calle Daniel Campos y Calle Colón

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{169 \text{ (Veh/h)}}{11.58 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 15 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{625 \text{ (Veh/h)}}{16.00 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 39 Veh/Km

3.3.4.1.16 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Madrid entre calle Colón y Calle Suipacha

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{233 \text{ (Veh/h)}}{11.58 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 20 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{779 \text{ (Veh/h)}}{16.00 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 49 Veh/Km

3.3.4.1.17 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Campero entre Avenida Domingo Paz y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{275 \text{ (Veh/h)}}{13.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 21 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{951 \text{ (Veh/h)}}{10.38 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 92 Veh/Km

3.3.4.1.18 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle General Trigo entre Avenida Domingo Paz y Calle Corrado

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{352 \text{ (Veh/h)}}{12.88 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 27 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1128 \text{ (Veh/h)}}{10.08 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 112 Veh/Km

3.3.4.1.19 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Sucre entre Avenida Domingo Paz y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{203 \text{ (Veh/h)}}{13.19 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 15 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{939 \text{ (Veh/h)}}{11.96 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 79 Veh/Km

3.3.4.1.20 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Colón entre Avenida Domingo Paz y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{314 \text{ (Veh/h)}}{25.05 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 13 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1008 \text{ (Veh/h)}}{22.15 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 46 Veh/Km

3.3.4.1.21 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle General Trigo entre Calle Bolivar y Domingo Paz

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{247 \text{ (Veh/h)}}{12.88 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 19 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{817 \text{ (Veh/h)}}{10.08 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 81 Veh/Km

3.3.4.1.22 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Daniel Campos entre Calle Bolivar y Domingo Paz

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{283 \text{ (Veh/h)}}{21.09 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 13 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{873 \text{ (Veh/h)}}{16.72 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 52 Veh/Km

3.3.4.1.23 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Colón entre Calle Bolivar e Ingavi

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{272 \text{ (Veh/h)}}{25.05 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 11 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1075 \text{ (Veh/h)}}{22.15 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 49 Veh/Km

3.3.4.1.24 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Campero entre Calle Ingavi y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{254 \text{ (Veh/h)}}{13.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 19 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{854 \text{ (Veh/h)}}{10.38 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 82 Veh/Km

3.3.4.1.25 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Sucre entre Calle Ingavi y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{217 \text{ (Veh/h)}}{13.19 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 16 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{871 \text{ (Veh/h)}}{19.96 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 73 Veh/Km

3.3.4.1.26 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Daniel Campos entre Calle Ingavi y Calle Bolivar

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{261 \text{ (Veh/h)}}{21.09 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 12 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{980 \text{ (Veh/h)}}{16.72 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 59 Veh/Km

3.3.4.1.27 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Colón entre Calle Ingavi y Calle Madrid

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{229 \text{ (Veh/h)}}{25.05 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 9 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{885 \text{ (Veh/h)}}{22.15 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 40 Veh/Km

3.3.4.1.28 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Campero entre Calle Madrid y Calle 15 de Abril

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{182 \text{ (Veh/h)}}{13.37 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 14 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{1086 \text{ (Veh/h)}}{10.38 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 105 Veh/Km

3.3.4.1.29 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle General Trigo entre Calle Madrid y Calle Ingavi

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{247 \text{ (Veh/h)}}{12.88 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 19 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{759 \text{ (Veh/h)}}{10.08 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 75 Veh/Km

3.3.4.1.30 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Daniel Campos entre Calle Madrid y Calle la Ingavi

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{208 \text{ (Veh/h)}}{21.09 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 10 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{798 \text{ (Veh/h)}}{16.72 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 48 Veh/Km

3.3.4.1.31 Densidad vehicular de motocicletas y vehículos de la Calle Colón entre Calle Madrid y Calle 15 de Abril

$$\text{Densidad de Motocicletas} = \frac{267 \text{ (Veh/h)}}{25.05 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Motocicletas= 11 Veh/Km

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{787 \text{ (Veh/h)}}{22.15 \text{ (Km/h)}}$$

Densidad de Vehículos= 36 Veh/Km

Tabla N° 3.23 Resumen de Densidad Vehicular de las calles de estudio

Calle	Moto	Veh.	Vel. Km/Hrs Moto	Vel. Km/Hrs Veh	Densidad Motocicleta Veh/Km	Densidad Vehicular Veh/Km
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y Juan Misael Saracho	94	211	22,61	18,37	4	11
Av. Domingo Paz Sur a Norte entre C. General Trigo y C. Campero	52	50	22,61	18,37	2	3
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y C. General Trigo	272	1047	22,61	18,37	12	57
Av. Domingo Paz entre C. Sucre y C. General Trigo	197	845	22,61	18,37	9	46
Av. Domingo Paz entre C. Colón y C. Daniel Campos	180	937	22,61	18,37	8	51
C. Bolivar entre C. General Trigo y C. Sucre	139	865	16,46	12,37	8	70
C. Bolivar entre C. Daniel Campos y C. Colón	239	1091	16,46	12,37	15	88
C. Bolivar entre C. Colón y C. Suipacha	187	735	16,46	12,37	11	59
C. Ingavi entre C. Campero y C. General Trigo	217	771	13,56	10,94	16	70
C. Ingavi entre la C. Sucre y C. General Trigo	217	957	13,56	10,94	16	87
C. Ingavi entre C. Daniel Campos y C. Sucre	225	931	13,56	10,94	17	85
C. Ingavi entre C. Colón y C. Daniel Campos	289	1131	13,56	10,94	21	103
C. Madrid entre C. Campero y General Trigo	339	674	11,58	16,00	29	42
C. Madrid entre la C. General Trigo y C. Sucre	313	872	11,58	16,00	27	55
C. Madrid entre C. Daniel Campos y C. Colón	169	625	11,58	16,00	15	39

C. Madrid entre C. Colón y C. Suipacha	233	779	11,58	16,00	20	49
C. Campero entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	275	951	13,37	10,38	21	92
C. General Trigo entre Av. Domingo Paz y C. Corrado	352	1128	12,88	10,08	27	112
C. Sucre entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	203	939	13,19	11,96	15	79
C. Colón entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	314	1008	25,05	22,15	13	46
C. General Trigo entre C. Bolivar y Domingo Paz	247	817	12,88	10,08	19	81
C. Daniel Campos entre C. Bolivar y Domingo Paz	283	873	21,09	16,72	13	52
C. Colón entre C. Bolivar y C. Ingavi	272	1075	25,05	22,15	11	49
C. Campero entre C. Ingavi y C. Bolivar	254	854	13,37	10,38	19	82
C. Sucre entre C. Ingavi y C. Bolivar	217	871	13,19	11,96	16	73
C. Daniel Campos entre C. Ingavi y C. Bolivar	261	980	21,09	16,72	12	59
C. Colón entre C. Ingavi y C. Madrid	229	885	25,05	22,15	9	40
C. Campero entre C. Madrid y C. 15 de Abril	182	1086	13,37	10,38	14	105
C. General Trigo entre C. Madrid y C. Ingavi	247	759	12,88	10,08	19	75
C. Daniel Campos entre C. Madrid y C. la Ingavi	208	798	21,09	16,72	10	48
C. Colón entre C. Madrid y C. 15 de Abril	267	787	25,05	22,15	11	36

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Capacidad vehicular

3.3.5.1 Determinación de la capacidad

Para el cálculo de la capacidad de tráfico de un tramo como por ejemplo la Calle Ingavi entre Calle Colón y la Calle Daniel Campos, se puede seguir el siguiente procedimiento:

Recolección de Datos

- **Características de la Vía**

Longitud de la sección: Medir la distancia exacta de la calle Ingavi entre la Calle Daniel Campos y la Calle Colón.

Ancho de la vía: Medir el ancho total de la calle Ingavi.

Restricciones de estacionamiento: Determinar si hay estacionamientos a lo largo del tramo.

- **Volumen de Tráfico**

Conteo de tráfico: Realizar conteos vehiculares en las horas pico para obtener el volumen de tráfico.

Tipos de vehículos: Registrar la proporción de diferentes tipos de vehículos (livianos, medianos, pesados y motocicletas).

- **Aplicación de Factores**

Los Factores a Considerar son los siguientes:

Ancho de carril: La capacidad disminuye si los carriles son más estrechos.

Estacionamiento: La capacidad se reduce si hay vehículos estacionados en la vía.

Intersecciones: La proximidad de intersecciones que afectan el flujo vehicular.

Giros: De acuerdo al porcentaje de giros que realizan los vehículos afecta directamente a la Capacidad de la misma.

3.3.5.1.1 Cálculo de la capacidad Calle Ingavi entre la calle Daniel Campos y la calle Colón

Para poder realizar el cálculo de la capacidad Vehicular tanto de Motocicletas y de Vehículos de la Calle Ingavi entre la calle Daniel Campos y calle Colón se deberá tomar en cuenta los siguientes datos propios de dicho tramo.

Volumen de circulación= 1420 Veh/Hrs. Veh+motocicletas

Ancho de acceso= 6.5 m

Zona central con estacionamiento prohibido

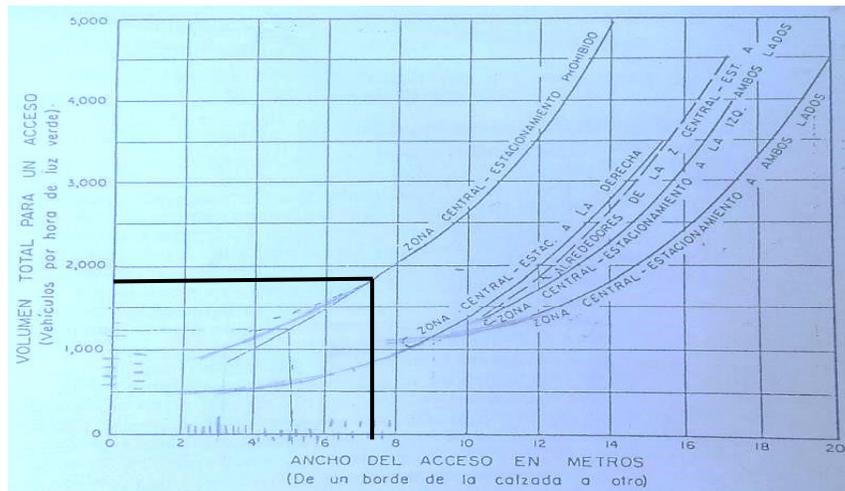
Parada antes de la intersección

% giro derecho= 0

% giro izquierdo= 34.8%

% Vehículos pesados= 0 %

Figura 3.8 Ábaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco 1850 Veh/Hrs

Capacidad Práctica:

$$C.practica = C \text{ teórica} * 0.9$$

$$C.practica = 1850 * 0.9$$

$$C.practica = 1665 \text{ Veh/Hrs}$$

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 0 \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 1$$

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{Para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI}{100} \quad \text{Para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{34.8 - 10}{100}$$

$$FGI = 0.752$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FP = 0.900$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = C_{\text{Prac}} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * F_p$$

$$\text{Cap. Real} = 1665 * 1 * 0.752 * 0.900$$

$$\text{Cap. Real} = 1127 \text{ Veh/Hrs}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen horario 1187 Veh/Hrs

Cap. Real= 1127 Veh/Hrs

Cálculo entre relación volumen y capacidad: 1187/1127

$$\frac{V}{C} = \frac{1187}{1127} = 1.081$$

Como tenemos motocicletas y vehículos calcularemos la capacidad en dicho tramo para cada uno de ellos, calculando la cantidad de volumen tanto de motocicletas y de vehículos.

Volumen Vehículos= 1131 Veh/Hrs. Vehículos

Volumen Motocicletas= 289 Veh/Hrs. Motocicletas

Volumen total= 1420 Veh/Hrs. Total Veh+motocicletas

Porcentaje de motocicletas y vehículos que pasan por el tramo

Volumen total= 1420 Veh/Hrs. Total Veh+motocicletas 100%

Volumen Veh= 1131 Veh/Hrs. Vehículos x%

$$\% \text{x vehículos} = 79.65 \%$$

Volumen total = 1420 Veh/Hrs. Total Veh+motocicletas 100%

Volumen Motocicletas = 289 Motocicletas/Hrs. x%

$$\% \text{ motocicletas} = 20.35\%$$

Entonces la capacidad Real de Motocicletas y Vehículos sería la siguiente:

Cap. Real= 1313 Veh/Hrs

$$\text{Cap. Real Motocicletas} = 1313 \text{ Veh/Hrs} * 20.35\% =$$

Cap. Real Motocicletas= 268 Motocicletas/Hrs

$$\text{Cap. Real Vehículos} = 1313 \text{ Veh/Hrs} * 79.65\% =$$

Cap. Real Vehículos= 1045 Veh/Hrs Veh+motocicletas

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Tabla N° 3.24 Factor de carga

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	≤ 0.1
B	Flujo estable	≤ 0.3
C	Flujo estable	≤ 0.5
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0.7
E	Flujo inestable	≤ 1.0
F	Flujo forzado	> 1.0

Fuente: Materia Ingeniería de Trafico – CIV 611

Nivel de servicio: F Es un flujo de tránsito forzado

Se obtuvo los datos de Capacidad vehicular y Nivel de Servicio en motocicletas y vehículos, el cálculo se encuentra en Anexo 4.

Figura 3.9 Capacidad de diferentes motorizados



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.25 Resumen de Capacidad Vehicular de las calles de estudio

Resumen de las Calles estudiadas																				
Calle	Moto	Veh	Total de Moto+ Veh	% Moto	% Veh	GI	GD	% GI	% GD	Cap. Teórica	Cap. Práctica	FVP	FGI	FGD	FP	Capacidad Real	V/C	Cap. Real Moto	Cap. Real Veh.	Nivel de Servicio
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y Juan Misael Saracho	94	211	305	30,82	69,18	56	0	18,36	0,00	1600	1440	1	0,916	1,000	1	1320	0,23	407	913	B
Av. Domingo Paz Sur a Norte entre C. Gral. Trigo y C. Campero	52	50	102	50,98	49,02	0	17	0,00	16,67	1600	1440	1	1,000	0,967	1	1392	0,07	710	682	A
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y C. Gral. Trigo	272	1047	1319	20,62	79,38	0	348	0,00	26,38	1600	1440	1	1,000	0,918	0,9	1190	1,11	245	944	F
Av. Domingo Paz entre C. Sucre y C. Gral. Trigo	197	845	1042	18,91	81,09	197	0	18,91	0,00	1400	1260	1	0,911	1,000	1	1148	0,91	217	931	E
Av. Domingo Paz entre C. Colón y C. Daniel Campos	180	937	1117	16,11	83,89	229	0	20,50	0,00	1400	1260	1	0,895	1,000	1	1128	0,99	182	946	E
C. Bolivar entre C. Gral. Trigo y C. Sucre	139	865	1004	13,84	86,16	289	0	28,78	0,00	1400	1260	1	0,812	1,000	1	1023	0,98	142	882	E
C. Bolivar entre C. Daniel Campos y C. Colón	239	1091	1330	17,97	82,03	677	0	50,90	0,00	1300	1170	1	0,591	1,000	0,9	622	2,14	112	510	F
C. Bolivar entre C. Colón y C. Suipacha	187	735	922	20,28	79,72	0	239	0,00	25,92	2400	2160	1	1,000	0,920	1	1988	0,46	403	1585	C

C. Ingavi entre C. Campero y C. Gral. Trigo	217	771	988	21,96	78,04	169	0	17,11	0,00	1400	1260	1	0,929	1,000	1	1170	0,84	257	913	E
C. Ingavi entre la C. Sucre y C. Gral. Trigo	217	957	1174	18,48	81,52	300	0	25,55	0,00	1100	990	1	0,844	1,000	1	836	1,40	155	681	F
C. Ingavi entre C. Daniel Campos y C. Sucre	225	931	1156	19,46	80,54	219	0	18,94	0,00	1100	990	1	0,911	1,000	1	901	1,28	175	726	F
C. Ingavi entre C. Colón y C. Daniel Campos	289	1131	1420	20,35	79,65	495	0	34,86	0,00	1400	1260	1	0,751	1,000	0,9	852	1,67	173	679	F
C. Madrid entre C. Campero y Gral. Trigo	339	674	1013	33,46	66,54	0	521	0,00	51,43	1250	1125	1	1,000	0,793	1	892	1,14	298	593	F
C. Madrid entre la C. Gral. Trigo y C. Sucre	313	872	1185	26,41	73,59	519	0	43,80	0,00	1800	1620	1	0,662	1,000	1	1072	1,10	283	789	F
C. Madrid entre C. Daniel Campos y C. Colón	169	625	794	21,28	78,72	206	0	25,94	0,00	1100	990	1	0,841	1,000	1	832	0,95	177	655	E
C. Madrid entre C. Colón y C. Suipacha	233	779	1012	23,02	76,98	345	0	34,09	0,00	1000	900	1	0,759	1,000	1	683	1,48	157	526	F
C. Campero entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	275	951	1226	22,43	77,57	367	275	29,93	22,43	1400	1260	1	0,801	0,938	0,9	852	1,44	191	661	F
C. Gral. Trigo entre Av. Domingo Paz y C. Corrado	352	1128	1480	23,78	76,22	374	290	25,27	19,59	1450	1305	1	0,847	0,952	1	1053	1,41	250	802	F
C. Sucre entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	203	939	1142	17,78	82,22	0	379	0,00	33,19	1150	1035	1	1,000	0,884	1	915	1,25	163	752	F
C. Colón entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	314	1008	1322	23,75	76,25	0	323	0,00	24,43	1400	1260	1	1,000	0,928	1	1169	1,13	278	891	F

C. Gral. Trigo entre C. Bolivar y Domingo Paz	247	817	1064	23,21	76,79	0	203	0,00	19,08	1400	1260	1	1,000	0,955	1	1203	0,88	279	924	E
C. Daniel Campos entre C. Bolivar y Domingo Paz	283	873	1156	24,48	75,52	0	259	0,00	22,40	1400	1260	1	1,000	0,938	1	1182	0,98	289	893	E
C. Colón entre C. Bolivar e Ingavi	272	1075	1347	20,19	79,81	469	0	34,82	0,00	1400	1260	1	0,752	1,000	1	947	1,42	191	756	F
C. Campero entre C. Ingavi y C. Bolivar	254	854	1108	22,92	77,08	291	0	26,26	0,00	1400	1260	1	0,837	1,000	1	1055	1,05	242	813	F
C. Sucre entre C. Ingavi y C. Bolivar	217	871	1088	19,94	80,06	0	301	0,00	27,67	1000	900	1	1,000	0,912	1	821	1,33	164	657	F
C. Daniel Campos entre C. Ingavi y C. Bolivar	261	980	1241	21,03	78,97	475	0	38,28	0,00	2600	2340	1	0,717	1,000	1	1678	0,74	353	1325	E
C. Colón entre C. Ingavi y C. Madrid	229	885	1114	20,56	79,44	0	215	0,00	19,30	1400	1260	1	1,000	0,954	1	1201	0,93	247	954	F
C. Campero entre C. Madrid y C. 15 de Abril	182	1086	1268	14,35	85,65	336	0	26,50	0,00	1400	1260	1	0,835	1,000	1	1052	1,21	151	901	F
C. Gral. Trigo entre C. Madrid y C. Ingavi	247	759	1006	24,55	75,45	0	177	0,00	17,59	1000	900	1	1,000	0,962	1	866	1,16	213	653	F
C. Daniel Campos entre C. Madrid y C. la Ingavi	208	798	1006	20,68	79,32	0	255	0,00	25,35	1200	1080	1	1,000	0,923	1	997	1,01	206	791	F
C. Colón entre C. Madrid y C. 15 de Abril	267	787	1054	25,33	74,67	199	0	18,88	0,00	1400	1260	1	0,911	1,000	1	1148	0,92	291	857	E

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Estacionamiento para motocicletas y vehículos

Delimitación del Área de Estudio

Definir el Área de Estudio:

El estudio se realizó en tramos del centro de la ciudad Tarija las cuales son calles y Avenidas principales de la ciudad.

Recolección de Datos

Se realizó la observación de todas las áreas designadas para el estacionamiento de motocicletas y vehículos donde se incluyó tanto estacionamientos públicos como privados.

Análisis de Datos

Para el cálculo de la demanda de estacionamiento observando la cantidad de motocicletas estacionadas en diferentes momentos del día y días de la semana.

El número del parque automotor actualizado que generalmente esta registrado en los organismos de tránsito y en los departamentos de tráfico de los municipios.

Esta información mientras más desglosada sea mejor para el análisis es decir tener registros del parque automotor de vehículos particulares y públicos el registro de vehículos livianos, medianos y pesados, etc. El volumen máximo de circulación si el estudio máximo esta requerido solo a una zona son datos que provienen del estudio de volúmenes tanto como forma horaria y diaria se puede obtener valores de volúmenes de tráfico en circulación, donde se registrarán todas las placas que se encuentran estacionadas.

Los tiempos de estacionamiento es una información que necesariamente resultara del aforamiento que se realice en la zona de estudio que consiste en registrar el número de motocicletas y vehículos en periodos de tiempos definidos generalmente en periodos de tiempos de 15 ó 20 minutos de tal manera que vayan identificando el tiempo de permanencia en el estacionamiento de esos valores se determina un promedio.

Para el cálculo de la Demanda se realizará con la siguiente fórmula tanto para motocicletas y vehículos:

$$\text{Demanda} = \text{Nro Veh estacionados} * \text{Iocupacion (\# de Placas)}$$

Para el cálculo de Oferta se realizará con la siguiente fórmula:

$$\text{Oferta} = \text{Nro de Casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

3.3.6.1 Estacionamiento de Motocicletas

El objetivo fundamental del estudio de esta investigación es la evaluación y análisis de la oferta y demanda de estacionamiento para motocicletas en el centro de la ciudad de Tarija, se enfoca en identificar las áreas críticas donde la infraestructura actual de estacionamiento es insuficiente para satisfacer la creciente demanda de motocicletas, proponiendo soluciones basadas en un análisis detallado de los datos obtenidos en campo y a partir de estos dos elementos tratar de encontrar un equilibrio entre ambos.

3.3.6.1.1 Tramo calle Ingavi entre la calle Colón y calle Daniel Campos

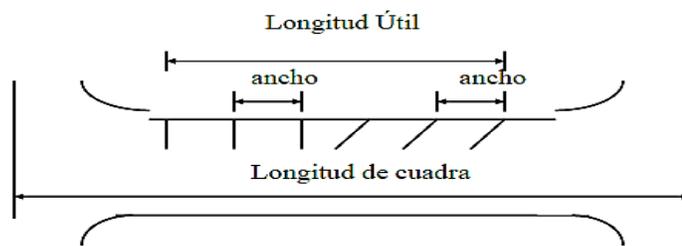
Oferta

La oferta de estacionamiento está dada por la relación:

$$\text{Oferta} = \text{Nro de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

El número de casillas se obtuvo a través de un levantamiento de la calle Ingavi entre la calle Colón y calle Daniel Campos previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento.

El levantamiento consiste en determinar la longitud de las cuadras en la zona de estudio y a partir de ellas determinar las longitudes útiles.



El índice de ocupación es el Nro. de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora, para dicha investigación se tomó el valor de 1. Este índice de ocupación lo asigna el proyectista de acuerdo a su criterio y de acuerdo a la zona donde se realizará la investigación.

Datos:

L tramo= 12 m

L casilla= 0,60 m ancho de motocicleta

I= 1 Índice de Ocupación

$$\text{Oferta del tramo} = \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} = \frac{12}{0.60} = 20 \text{ Casillas}$$

$$\text{Oferta} = \text{Nro casillas} * \text{Iocupación} = 20 * 1 = 20 \text{ Casillas}$$

Demanda

Para completar un estudio de estacionamiento es imprescindible determinar la demanda de la calle Ingavi entre la calle Colón y calle Daniel Campos, este análisis considera factores como el índice de ocupación y proyecciones de crecimiento en la cantidad de motocicletas, permitiendo la identificación de posibles déficits y la necesidad de ajustes en la infraestructura existente.

Para el Índice de ocupación se determinó a través de un aforamiento en la calle de estudio para lo cual se hizo un registro de las placas de los vehículos estacionados cada 15 minutos en las horas pico del tramo. Los resultados de la necesidad de estacionamiento en la zona de estudio se obtendrán a partir de una relación entre la oferta y la demanda siendo esta última determinada por una relación:

$$\text{Demanda} = \text{Nro Motocicletas estacionadas} * \text{Iocupacion}$$

Motocicletas estacionadas

Motocicleta	Nro de Placa
1	3309 USA
2	1972 CDC
3	4913 NGS
4	5483 LDT
5	5034 EYE
6	3937 TZH
7	5896 GBK
8	1972 CDC
9	4913 NGS
10	3310 USA
11	1973 CDC
12	4914 NGS
13	5483 DDF
14	3310 UTR
15	SN
16	SN
17	SN
18	SN
19	SN

Datos:

I= 1 Índice de Ocupación

Demanda= Nro Motocicletas estacionadas*Iocupación= 19*1= 19 Casillas

Demanda Futura

Para periodo de 5 años

n= 5 años

I= 1 Índice de Ocupación

Df= Nro Motocicletas estacionadas*(1+0.05)ⁿ*I

Df= 19*(1+0.05)⁵*I

Df= 24,25 = 25 Casillas

Incremento de casilla=25-19 casillas

Incremento de casilla= 6 casillas

Para periodo de 10 años

n= 10 años

I= 1 Índice de Ocupación

Df= Nro Motocicletas estacionadas*(1+0.05)ⁿ*I

Df= 19*(1+0.05)¹⁰*I

Df= 30,95 = 31 Casillas

Incremento de casilla= 31-19 casillas

Incremento de casilla= 12 casillas

Para periodo de 20 años

n= 20 años

I= 1 Índice de Ocupación

Df= Nro Motocicletas estacionadas*(1+0.05)ⁿ*I

Df= 19*(1+0.05)²⁰*I

Df= 50,41 = 51 Casillas

Incremento de casilla= 51-19 casillas

Incremento de casilla= 32 casillas

Demanda= Nro Motocicletas estacionadas*Iocupación= 19*1= 19 Casillas

**Tabla N° 3.26 Resumen de Oferta y Demanda de Estacionamientos de Motocicletas
en el centro de la ciudad**

Calle	Motocicleta estacionada	I ocupación	Demanda	Nro de casillas	I ocupación	Oferta	Longitud de parada
Colón entre Ingavi y Madrid	6	1	6	20	1	20	12,00
Daniel Campos entre la Ingavi y Bolívar	19	1	19	20	1	20	12,00
General Trigo entre Bolívar y Domingo Paz	17	1	17	20	1	20	12,00
Madrid entre Daniel Campos y Colón	9	1	9	45	1	45	26,92
Daniel Campos entre la Madrid e Ingavi	9	1	9	52	1	52	31,33
Campero entre Domingo Paz y Bolívar	5	1	5	10	1	10	6,00
Campero entre Bolívar e Ingavi	21	1	21	20	1	20	12,00
Ingavi entre General Trigo y Campero	34	1	34	20	1	20	12,00
Ingavi entre Colón y Daniel Campos	10	1	10	20	1	20	12,00
Colón entre Bolívar e Ingavi	31	1	31	20	1	20	12,00
Domingo Paz entre Campero y General Trigo (sur a norte)	5	1	5	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre General Trigo y Campero (norte a sur)	85	1	85	60	1	60	36,00
Sucre entre Domingo Paz y Bolívar	14	1	14	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre Sucre y General Trigo	3	1	3	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	12	1	12	10	1	10	6,00
Madrid entre Campero y General Trigo	23	1	23	28	1	28	16,82
Campero entre Ingavi y Madrid	19	1	19	20	1	20	12,00
Madrid entre General Trigo y Sucre	20	1	20	20	1	20	12,00

Fuente: Elaboración propia

3.3.6.2 Estacionamiento vehículos

3.3.6.2.1 Tramo calle Ingavi entre la calle Colón y calle Daniel Campos

Oferta

$$\text{Oferta} = \text{Nro de Casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

Datos:

L tramo= 76.42 m

L casilla= 6 m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

I= 1 Índice de Ocupación

Oferta del tramo= (Ltramo/Lcasilla-4) *2= 17.47= 18 Casillas

Oferta= Nro casillas*Iocupación= 18*1= 18 Casillas

Demanda

Vehículos estacionados

Vehículo	Nro de Placa
1	4046 USA
2	5002 PAP
3	5268 AAH
4	1292 PPX
5	1827 LTT
6	1040 ECK
7	1092 GPE
8	2794 YID
9	564 RYP
10	4047 USA
11	5003 PAP
12	5269 AAH
13	1293 PPX
14	1828 LTT
15	1041 ECK
16	1093 GPE
17	2795 YID
18	565 RYP

Datos:

I= 1 Índice de Ocupación

Demanda= Nro Veh estacionados*Iocupacion= 18*1= 18 Casillas

Tabla N° 3.27 Resumen de Oferta y Demanda de Estacionamientos de Vehículos en el centro de la ciudad

Calle	Vehículo estacionado	I ocupación	Demanda	Nro de casillas	I ocupación	Oferta	Longitud de calle
Colón entre Ingavi y Madrid	13	1	13	9	1	9	77,60
Daniel Campos entre la Ingavi y Bolívar	32	1	32	18	1	18	76,85
General Trigo entre Bolívar y Domingo Paz	15	1	15	9	1	9	79,91
Madrid entre Daniel Campos y Colón	1	1	1	9	1	9	79,97
Campero entre Domingo Paz y Bolívar	16	1	16	8	1	8	73,51
Campero entre Bolívar e Ingavi	10	1	10	10	1	10	83,69
Ingavi entre General Trigo y Campero	8	1	8	10	1	10	85,40
Ingavi entre Colón y Daniel Campos	20	1	20	16	1	16	72,63
Colón entre Bolívar e Ingavi	27	1	27	9	1	9	77,58
Domingo Paz entre Campero y General Trigo (sur a norte)	10	1	10	10	1	10	81,49
Domingo Paz entre General Trigo y Campero (norte a sur)	5	1	5	10	1	10	81,49
Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	14	1	14	10	1	10	83,59
Campero entre Ingavi y Madrid	10	1	10	9	1	9	76,96
Madrid entre General Trigo y Sucre	16	1	16	10	1	10	85,60

Fuente: Elaboración propia

El cálculo y procedimiento de los tramos mostrados en la tabla anterior se encuentran en Anexo 5

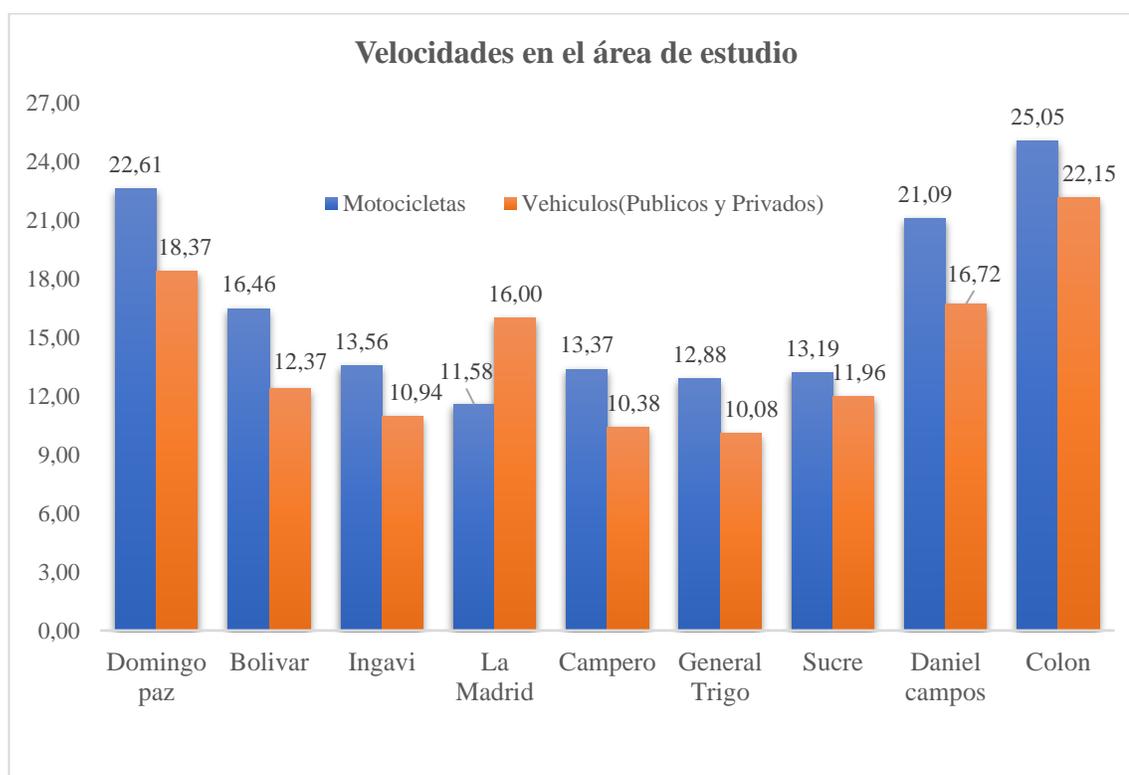
3.4 Análisis de resultados

Con el transcurso del tiempo, el aumento explosivo de la población y con ello el nacimiento de barrios, urbanizaciones, se tiene como consecuencia el incremento del parque automotor en el centro de la ciudad, tanto de servicio público como del servicio privado ocasionando congestión del tráfico de motocicletas y vehículos por las arterias de la ciudad en las horas pico por lo cual se hace necesario realizar un análisis de la velocidad del transporte urbano. Primeramente, se presentará el análisis de la velocidad de punto, de volúmenes, densidades, luego capacidades y finalmente el estacionamiento de motocicletas y vehículos.

3.4.1 Análisis Velocidad de punto

3.4.1.1 Comportamiento de la velocidad en los tramos estudiados

Figura 3.10 Velocidad de punto en los tramos estudiados



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa la velocidad promedio de la Velocidad de punto en el centro de la ciudad del transporte público y privado. Analizando los resultados de las velocidades de puntos se puede verificar que la velocidad de las motocicletas es muy amplia en comparación con los vehículos provocando una circulación más fluida de las motocicletas

y un mayor tráfico de vehículos, este congestionamiento es debido al ancho de calzada ya que en varios tramos del área estudiada el ancho de calzada son mínimos, el estado en que se encuentra la superficie del pavimento y estacionamientos en lugares no permitidos de esa manera disminuyendo la capacidad de la vía, provocando congestionamiento vehicular y por ende cortar el flujo de las motocicletas logrando así colas que se forman en el área de estudio, especialmente por la circulación de los vehículos medianos públicos y privados ya que son los vehículos que llevan y descargan pasajeros en todo el centro de la ciudad ocasionando mayor tráfico y menor circulación de motocicletas afectando directamente a la velocidad de las mismas, donde se observa que los vehículos circulan con mayor velocidad en la calle Colón a 22,15 km/h y más lento en la calle Campero a 10,08 km/h en cambio las motocicletas son mucho más rápidas avanzan a velocidades superiores comparadas con los vehículos ya que la velocidad en la calle Colón es a 25,05 km/h y la más lenta en la calle La Madrid a 11,58 km/h.

Figura 3.11 Vehículos que producen congestionamiento



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Análisis de Volúmenes en los tramos estudiados

3.4.2.1 Comportamiento de los volúmenes en los tramos estudiados

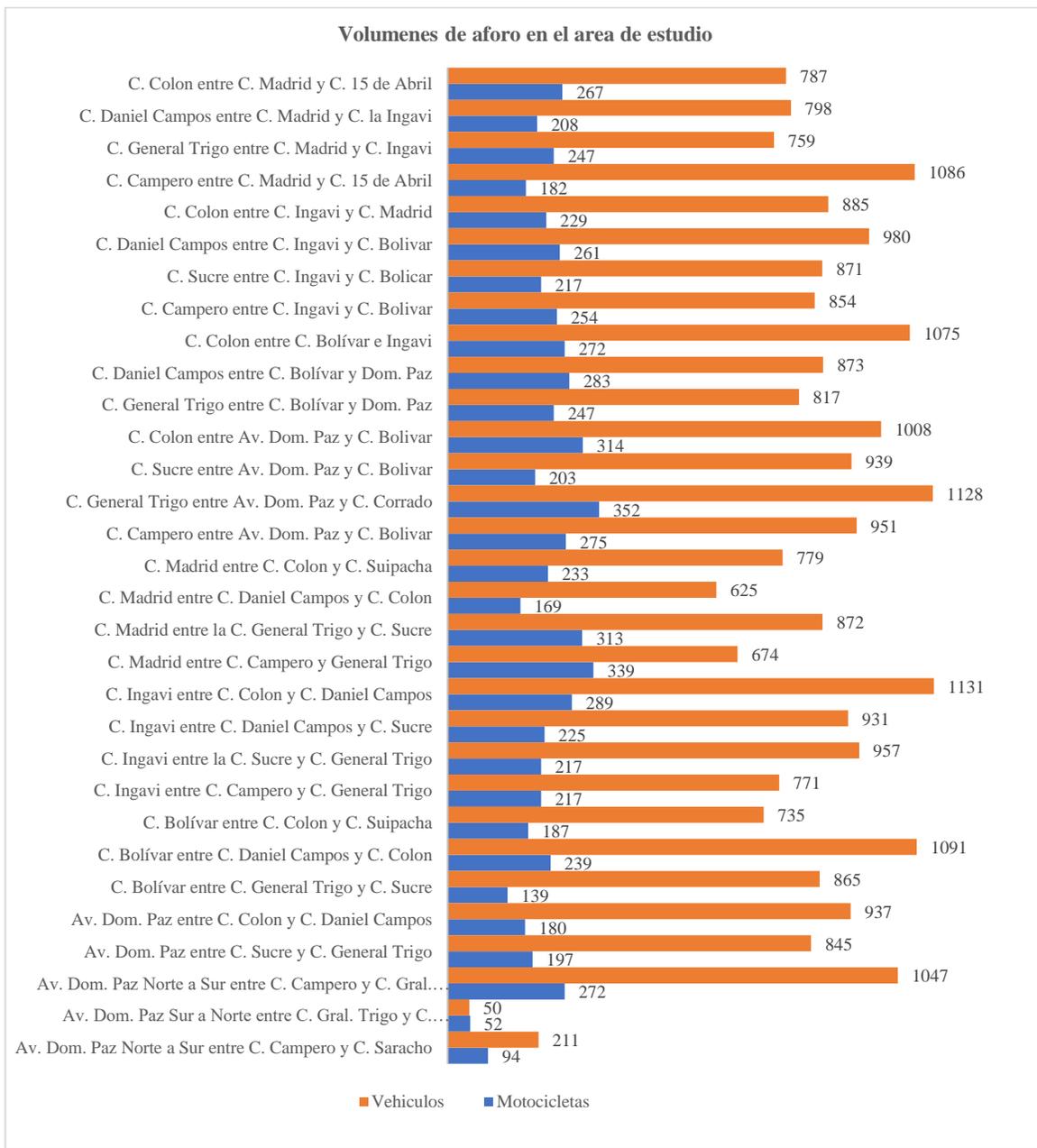
Tabla N° 3.28 Volúmenes en los tramos estudiados

Calle	Moto	Veh	Total de Moto+Veh	% Moto	% Veh.
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y Juan Misael Saracho	94	211	305	30,82	69,18
Av. Domingo Paz Sur a Norte entre C. General Trigo y C. Campero	52	50	102	50,98	49,02
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre C. Campero y C. General Trigo	272	1047	1319	20,62	79,38
Av. Domingo Paz entre C. Sucre y C. General Trigo	197	845	1042	18,91	81,09
Av. Domingo Paz entre C. Colón y C. Daniel Campos	180	937	1117	16,11	83,89
C. Bolivar entre C. General Trigo y C. Sucre	139	865	1004	13,84	86,16
C. Bolivar entre C. Daniel Campos y C. Colón	239	1091	1330	17,97	82,03
C. Bolivar entre C. Colón y C. Suipacha	187	735	922	20,28	79,72
C. Ingavi entre C. Campero y C. General Trigo	217	771	988	21,96	78,04
C. Ingavi entre la C. Sucre y C. General Trigo	217	957	1174	18,48	81,52
C. Ingavi entre C. Daniel Campos y C. Sucre	225	931	1156	19,46	80,54
C. Ingavi entre C. Colón y C. Daniel Campos	289	1131	1420	20,35	79,65
C. Madrid entre C. Campero y General Trigo	339	674	1013	33,46	66,54
C. Madrid entre la C. General Trigo y C. Sucre	313	872	1185	26,41	73,59
C. Madrid entre C. Daniel Campos y C. Colón	169	625	794	21,28	78,72
C. Madrid entre C. Colón y C. Suipacha	233	779	1012	23,02	76,98
C. Campero entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	275	951	1226	22,43	77,57
C. Gral. Trigo entre Av. Domingo Paz y C. Corrado	352	1128	1480	23,78	76,22
C. Sucre entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	203	939	1142	17,78	82,22
C. Colón entre Av. Domingo Paz y C. Bolivar	314	1008	1322	23,75	76,25
C. General Trigo entre C. Bolivar y Domingo Paz	247	817	1064	23,21	76,79
C. Daniel Campos entre C. Bolivar y Domingo Paz	283	873	1156	24,48	75,52
C. Colón entre C. Bolivar e Ingavi	272	1075	1347	20,19	79,81
C. Campero entre C. Ingavi y C. Bolivar	254	854	1108	22,92	77,08
C. Sucre entre C. Ingavi y C. Bolivar	217	871	1088	19,94	80,06
C. Daniel Campos entre C. Ingavi y C. Bolivar	261	980	1241	21,03	78,97
C. Colón entre C. Ingavi y C. Madrid	229	885	1114	20,56	79,44
C. Campero entre C. Madrid y C. 15 de Abril	182	1086	1268	14,35	85,65
C. General Trigo entre C. Madrid y C. Ingavi	247	759	1006	24,55	75,45
C. Daniel Campos entre C. Madrid y C. la Ingavi	208	798	1006	20,68	79,32
C. Colón entre C. Madrid y C. 15 de Abril	267	787	1054	25,33	74,67

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla se observa la cantidad de motocicletas y vehículos que circulan por el casco viejo de la ciudad de Tarija tanto del transporte público y privado, los resultados de Volúmenes de Vehículos comparado con las motocicletas podemos observar que aproximadamente el 20% de la cantidad de vehículos que circulan por el centro de la ciudad son Motocicletas y va en ascenso debido a que es un medio muy usual en el área de estudio.

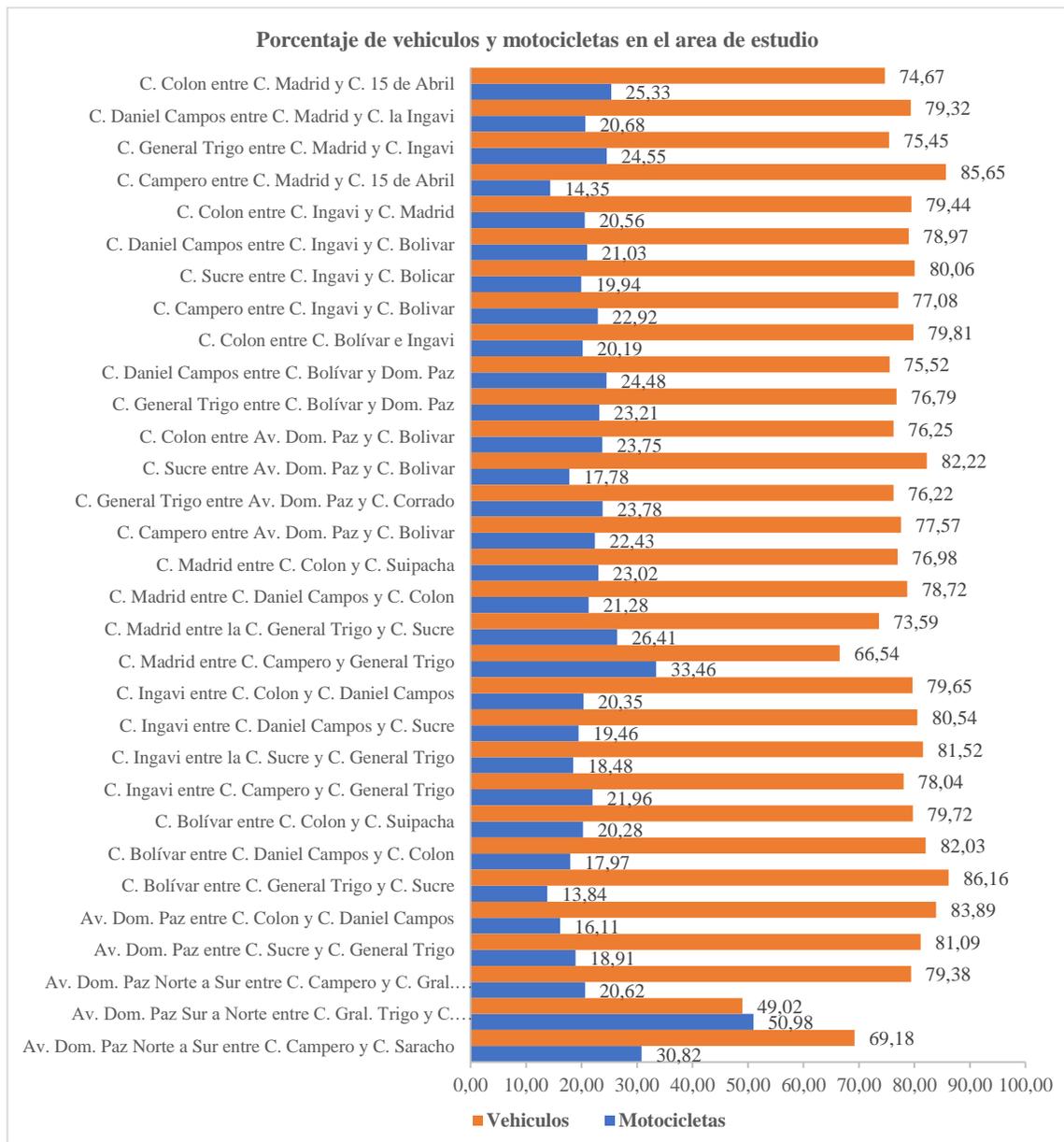
Figura 3.12 Grafica de Volúmenes de aforo en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los vehículos circulan en mayor cantidad en la Calle Ingavi entre calle Colón y calle Daniel Campos con 1131 Veh/h y la menor cantidad de flujo vehicular se produce en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero con 50 Veh/h y las Motocicletas con mayor circulación se produce en Calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado con 352 Motocicletas/h y la menor cantidad se encuentra en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero con 52 Motocicletas/h.

Figura 3.13 Grafica de Porcentajes de Volúmenes en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se observa el porcentaje de motocicletas respecto a la cantidad de vehículos que circulan en el área de estudio donde se observa que el porcentaje de motocicletas se encuentra en el rango de 13,84% a 50,98% siendo un motorizado con un porcentaje de volumen muy alto en el centro de la ciudad debido al aumento desmedido en el uso de motocicletas, donde el mayor porcentaje de circulación de motocicletas es en la Av. Domingo Paz de Sur a Norte entre calle Campero y General Trigo con 50,98% notando así que las motocicletas son el volumen mayor en este tramo respecto a los vehículos.

El valor de la media de Motocicletas es de 23 % respecto a los vehículos es decir que hay 23 Motocicletas por 77 Vehículos de cada 100, que transitan en el centro de la ciudad siendo la Motocicleta un transporte que ha logrado un volumen significativo debido a que las instituciones y colegios se encuentran en el casco viejo se movilizan en motocicletas ya que permite realizar una circulación con mayor facilidad y a menor costo de mantenimiento comparado con los Vehículos, sin embargo el uso desmedido de este motorizado provoca congestionamiento en horas pico afectando al tránsito vehicular.

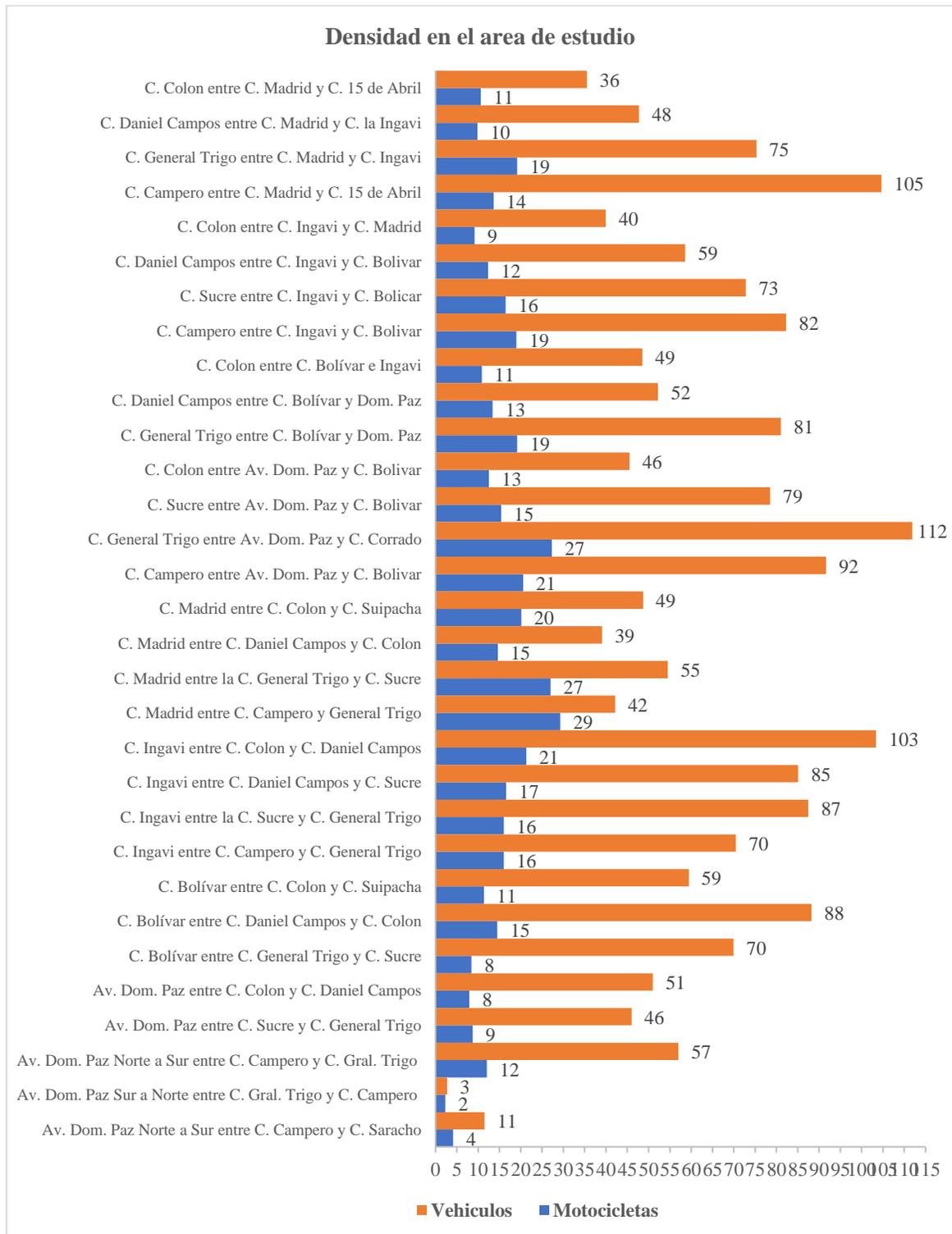
3.4.3 Análisis de Densidad Vehicular

Como se puede visualizar en el grafico la Densidad Vehicular que presenta la Av. Domingo Paz y la calle Colón es mucho más amplia comparado con la densidad vehicular de la calle Bolivar y Daniel Campos debido al ancho de su calzada y el aforo vehicular de dichas calles ocasionando mayor congestionamiento tanto para motocicletas y vehículos que transitan por las mismas.

Analizando los resultados de la Densidad de Vehículos comparado con las motocicletas observamos que la cantidad de vehículos que circulan en el centro de la ciudad es de 3 Veh/km a 120 Veh/km y las Motocicletas de 2 Motocicletas/km a 29 Motocicletas/km donde la mayor cantidad de vehículos se encuentra en Calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado con 120 Veh/km y con 3 Veh/km en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero y las Motocicletas con mayor Densidad se produce en Calle Madrid entre calle Campero y General Trigo 29 Motocicletas/km y la menor cantidad se encuentra en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero con 2 Motocicletas/km.

3.4.3.1 Comportamiento de la Densidad Vehicular en los tramos estudiados

Figura 3.15 Comportamiento de la Densidad Vehicular



Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Análisis de Capacidad y Nivel de servicio

3.4.4.1 Capacidad y nivel de servicio de los tramos estudiados

En el grafico la Capacidad Real tanto de Motocicletas como Vehículos que presenta el tramo de la Calle Bolivar entre la calle Colón y la Calle Suipacha es mucho más amplia con una Capacidad para Motocicletas de 403 y de Vehículos 1585, esto debido a su ancho de calzada y las pocas paradas de estacionamiento que existen en dicho tramo, comparado con la Capacidad Real que presenta el tramo de la Calle La Madrid entre la calle Colón y la Calle Suipacha con una Capacidad para Motocicletas de 157 y de Vehículos 526, ya que el ancho de su calzada es pequeño ocasionando un aforo vehicular bajo provocando mayor congestión tanto para motocicletas y vehículos que transitan el área de estudio.

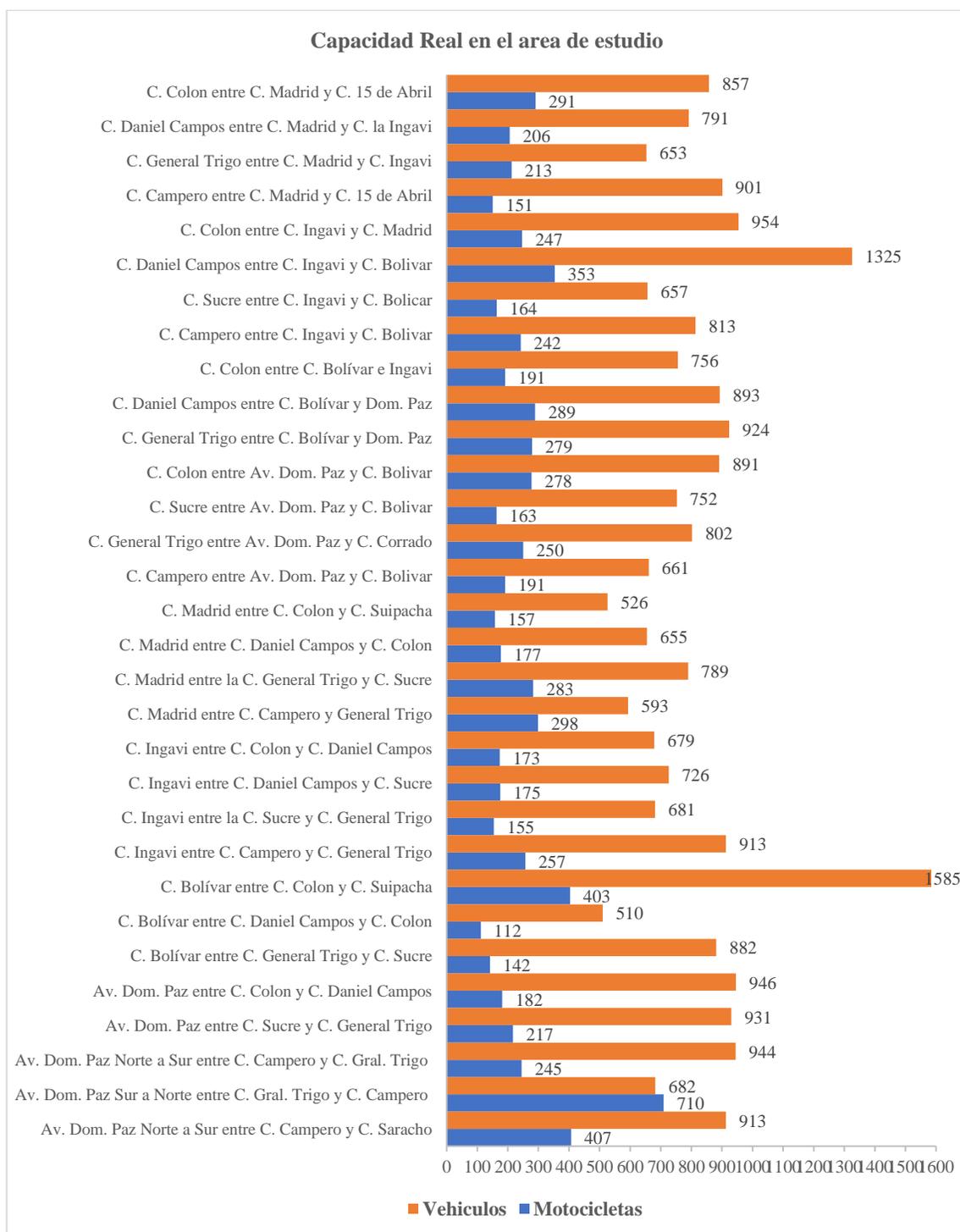
La Capacidad Real de Motocicletas como Vehículos que presenta el tramo de la Calle Bolivar entre la calle Colón y la Calle Suipacha es mucho más amplia con una Capacidad para Motocicletas de 403 y de Vehículos 1585, esto debido a su ancho de calzada y las pocas paradas de estacionamiento que existen en dicho tramo, comparado con la Capacidad Real que presenta el tramo de la Calle La Madrid entre la calle Colón y la Calle Suipacha con una Capacidad para Motocicletas de 157 y de Vehículos 526, ya que el ancho de su calzada es pequeño ocasionando un aforo vehicular bajo provocando mayor congestión tanto para motocicletas y vehículos que transitan el área de estudio.

Figura 3.14 Capacidad y Nivel de Servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 Capacidad Real en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Demostrando todos los valores calculados se presenta una Tabla de Nivel de Servicio donde se encuentra todos los valores calculados anteriormente.

Tabla N° 3.29 Nivel de servicio

Resumen de las calles estudiadas																				
Calle	Moto	Veh	Total de Moto+ Veh	% Moto	% Veh	GI	GD	% GI	% GD	Cap. Teórica	Cap. Práctica	FVP	FGI	FGD	FP	Cap. Real	V/C	Capacidad Real Motocicleta	Capacidad Real Vehículos	Nivel de Servicio
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y Juan Misael Saracho	94	211	305	30,82	69,18	56	0	18,36	0,00	1600	1440	1	0,916	1,000	1	1320	0,23	407	913	B
Av. Domingo Paz Norte a Sur entre calle Gral. Trigo y calle Campero	52	50	102	50,98	49,02	0	17	0,00	16,67	1600	1440	1	1,000	0,967	1	1392	0,07	710	682	A
Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle Campero y calle Gral. Trigo	272	1047	1319	20,62	79,38	0	348	0,00	26,38	1600	1440	1	1,000	0,918	0,9	1190	1,11	245	944	F
Av. Domingo Paz entre calle Sucre y Calle Gral. Trigo	197	845	1042	18,91	81,09	197	0	18,91	0,00	1400	1260	1	0,911	1,000	1	1148	0,91	217	931	E
Av. Domingo Paz entre calle Colón y calle Daniel Campos	180	937	1117	16,11	83,89	229	0	20,50	0,00	1400	1260	1	0,895	1,000	1	1128	0,99	182	946	E
Calle Bolivar entre calle Gral. Trigo y calle Sucre	139	865	1004	13,84	86,16	289	0	28,78	0,00	1400	1260	1	0,812	1,000	1	1023	0,98	142	882	E
Calle Bolivar entre calle Daniel Campos y calle Colón	239	1091	1330	17,97	82,03	677	0	50,90	0,00	1300	1170	1	0,591	1,000	0,9	622	2,14	112	510	F
Calle Bolivar entre calle Colón y Calle Suipacha	187	735	922	20,28	79,72	0	239	0,00	25,92	2400	2160	1	1,000	0,920	1	1988	0,46	403	1585	C
Calle Ingavi entre calle Campero y Calle Gral. Trigo	217	771	988	21,96	78,04	169	0	17,11	0,00	1400	1260	1	0,929	1,000	1	1170	0,84	257	913	E

Calle Ingavi entre la calle Sucre y Calle Gral. Trigo	217	957	1174	18,48	81,52	300	0	25,55	0,00	1100	990	1	0,844	1,000	1	836	1,40	155	681	F
Calle Ingavi entre calle Daniel Campos y Calle Sucre	225	931	1156	19,46	80,54	219	0	18,94	0,00	1100	990	1	0,911	1,000	1	901	1,28	175	726	F
Calle Ingavi entre calle Colón y calle Daniel Campos	289	1131	1420	20,35	79,65	495	0	34,86	0,00	1400	1260	1	0,751	1,000	0,9	852	1,67	173	679	F
Calle Madrid entre calle Campero y Gral. Trigo	339	674	1013	33,46	66,54	0	521	0,00	51,43	1250	1125	1	1,000	0,793	1	892	1,14	298	593	F
Calle Madrid entre la calle Gral. Trigo y Calle Sucre	313	872	1185	26,41	73,59	519	0	43,80	0,00	1800	1620	1	0,662	1,000	1	1072	1,10	283	789	F
Calle Madrid entre calle Daniel Campos y Calle Colón	169	625	794	21,28	78,72	206	0	25,94	0,00	1100	990	1	0,841	1,000	1	832	0,95	177	655	E
Calle Madrid entre calle Colón y Calle Suipacha	233	779	1012	23,02	76,98	345	0	34,09	0,00	1000	900	1	0,759	1,000	1	683	1,48	157	526	F
Calle Campero entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar	275	951	1226	22,43	77,57	367	275	29,93	22,43	1400	1260	1	0,801	0,938	0,9	852	1,44	191	661	F
Calle Gral. Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado	352	1128	1480	23,78	76,22	374	290	25,27	19,59	1450	1305	1	0,847	0,952	1	1053	1,41	250	802	F
Calle Sucre entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar	203	939	1142	17,78	82,22	0	379	0,00	33,19	1150	1035	1	1,000	0,884	1	915	1,25	163	752	F
Calle Colón entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar	314	1008	1322	23,75	76,25	0	323	0,00	24,43	1400	1260	1	1,000	0,928	1	1169	1,13	278	891	F
Calle Gral. Trigo entre Calle Bolivar y Domingo Paz	247	817	1064	23,21	76,79	0	203	0,00	19,08	1400	1260	1	1,000	0,955	1	1203	0,88	279	924	E

Calle Daniel Campos entre Calle Bolívar y Domingo Paz	283	873	1156	24,48	75,52	0	259	0,00	22,40	1400	1260	1	1,000	0,938	1	1182	0,98	289	893	E
Calle Colón entre Calle Bolívar e Ingavi	272	1075	1347	20,19	79,81	469	0	34,82	0,00	1400	1260	1	0,752	1,000	1	947	1,42	191	756	F
Calle Campero entre Calle Ingavi y Calle Bolívar	254	854	1108	22,92	77,08	291	0	26,26	0,00	1400	1260	1	0,837	1,000	1	1055	1,05	242	813	F
Calle Sucre entre Calle Ingavi y Calle Bolívar	217	871	1088	19,94	80,06	0	301	0,00	27,67	1000	900	1	1,000	0,912	1	821	1,33	164	657	F
Calle Daniel Campos entre Calle Ingavi y Calle Bolívar	261	980	1241	21,03	78,97	475	0	38,28	0,00	2600	2340	1	0,717	1,000	1	1678	0,74	353	1325	E
Calle Colón entre Calle Ingavi y Calle Madrid	229	885	1114	20,56	79,44	0	215	0,00	19,30	1400	1260	1	1,000	0,954	1	1201	0,93	247	954	F
Calle Campero entre Calle Madrid y Calle 15 de Abril	182	1086	1268	14,35	85,65	336	0	26,50	0,00	1400	1260	1	0,835	1,000	1	1052	1,21	151	901	F
Calle Gral. Trigo entre Calle Madrid y Calle Ingavi	247	759	1006	24,55	75,45	0	177	0,00	17,59	1000	900	1	1,000	0,962	1	866	1,16	213	653	F
Calle Daniel Campos entre Calle Madrid y Calle la Ingavi	208	798	1006	20,68	79,32	0	255	0,00	25,35	1200	1080	1	1,000	0,923	1	997	1,01	206	791	F
Calle Colón entre Calle Madrid y Calle 15 de Abril	267	787	1054	25,33	74,67	199	0	18,88	0,00	1400	1260	1	0,911	1,000	1	1148	0,92	291	857	E

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la tabla el nivel de servicio que predomina en las calles de estudio se ubican entre los rangos E y F, o sea que se encuentran entre un rango de flujo INESTABLE a un flujo FORZADO, donde la mayor obstrucción predomina en las calles:

- Av. Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y calle General Trigo
- Calle Bolivar entre calle Daniel Campos y calle Colón
- Calle Ingavi entre la calle Sucre y Calle General Trigo
- Calle Ingavi entre calle Daniel Campos y Calle Sucre
- Calle Ingavi entre calle Colón y calle Daniel Campos
- Calle Madrid entre calle Campero y General Trigo
- Calle Madrid entre la calle General Trigo y Calle Sucre
- Calle Madrid entre calle Colón y Calle Suipacha
- Calle Campero entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar
- Calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado
- Calle Sucre entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar
- Calle Colón entre Av. Domingo Paz y Calle Bolivar
- Calle Colón entre Calle Bolivar e Ingavi
- Calle Campero entre Calle Ingavi y Calle Bolivar
- Calle Sucre entre Calle Ingavi y Calle Bolivar
- Calle Colón entre Calle Ingavi y Calle Madrid
- Calle Campero entre Calle Madrid y Calle 15 de Abril
- Calle General Trigo entre Calle Madrid y Calle Ingavi

Donde predominan con el nivel de Servicio F y las calles con flujo estable y flujo libre son Av. Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y Juan Misael Saracho y Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero respectivamente.

Las calles nombradas anteriormente tienen un Nivel de Servicio muy bajo ya que son aquellas en las que el número total de vehículos tanto de motocicletas más vehículos es superior a la capacidad real fundamentalmente en las horas pico, haciendo notar que existe demasiado tráfico en dichas horas, estas calles no son adecuadas para el tráfico actual y es necesario realizar mejoras en su capacidad vehicular.

3.4.5 Análisis de resultado de Estacionamiento de Motocicletas y Estacionamiento Vehicular

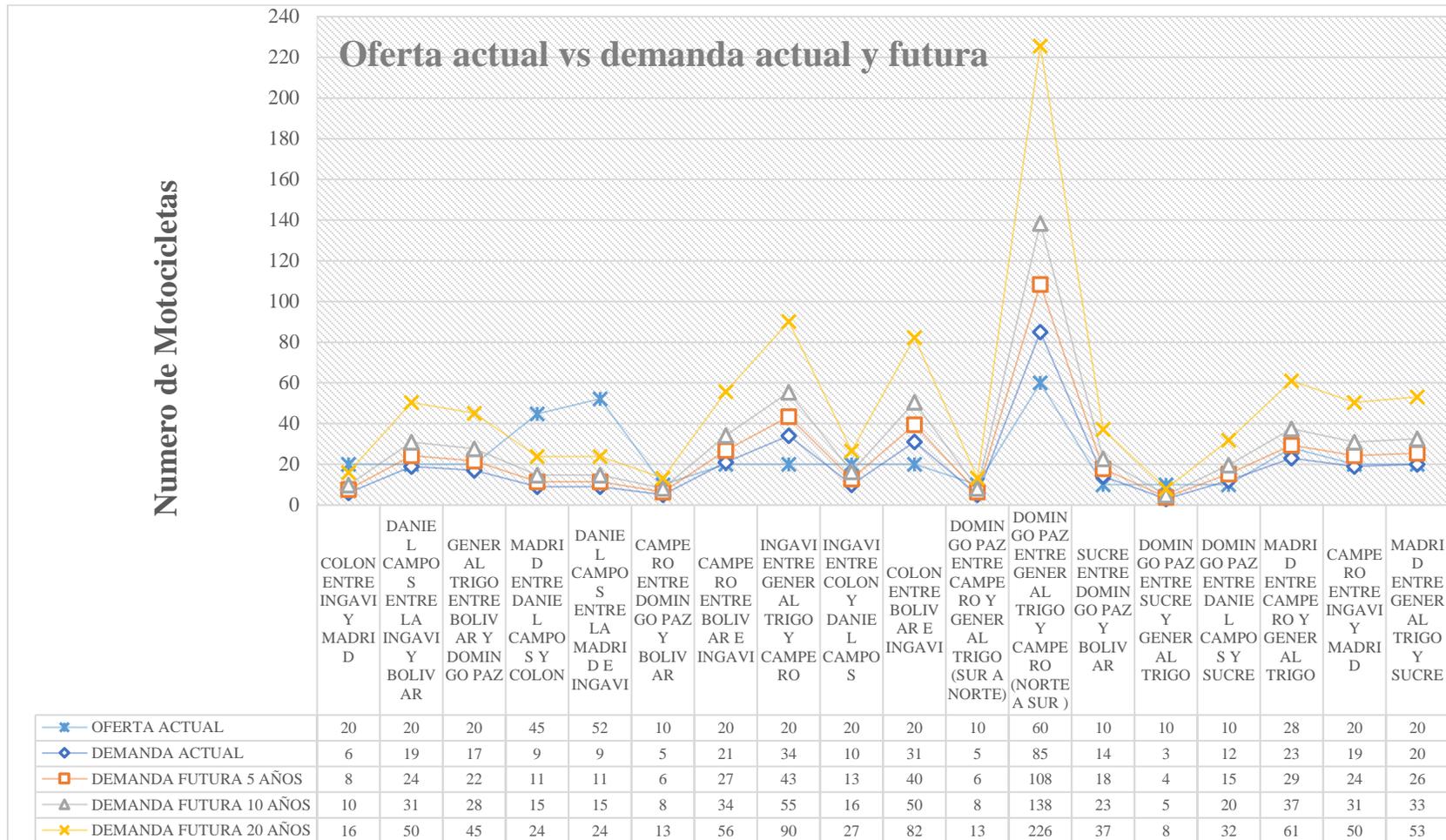
3.4.5.1 Resumen de estacionamiento de Motocicletas y Vehículos

Tabla N° 3.30 Resumen de estacionamiento de Motocicletas y Vehículos

RESUMEN DE ESTACIONAMIENTO DE MOTOCICLETAS EN EL CENTRO DE LA CIUDAD										
Calle	Moto estacionadas	I ocupación	Demanda actual	Demanda futura 5 años	Demanda futura 10 años	Demanda futura 20 años	Nro de casillas	I ocupación	Oferta moto	Longitud de Parada moto
Colón entre Ingavi y Madrid	6	1	6	8	10	122	20	1	20	12,00
Daniel Campos entre la Ingavi y Bolivar	19	1	19	24	31	1222	20	1	20	12,00
General Trigo entre Bolivar y Domingo Paz	17	1	17	22	28	979	20	1	20	12,00
Madrid entre Daniel Campos y Colón	9	1	9	11	15	274	45	1	45	26,92
Daniel Campos entre la Madrid e Ingavi	9	1	9	11	15	274	52	1	52	31,33
Campero entre Domingo Paz y Bolivar	5	1	5	6	8	85	10	1	10	6,00
Campero entre Bolivar e Ingavi	21	1	21	27	34	1493	20	1	20	12,00
Ingavi entre General Trigo y Campero	34	1	34	43	55	3915	20	1	20	12,00
Ingavi entre Colón y Daniel Campos	10	1	10	13	16	339	20	1	20	12,00
Colón entre Bolivar e Ingavi	31	1	31	40	50	3254	20	1	20	12,00
Domingo Paz entre Campero y General Trigo (sur a norte)	5	1	5	6	8	85	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre General Trigo y Campero (norte a sur)	85	1	85	108	138	24466	60	1	60	36,00
Sucre entre Domingo Paz y Bolivar	14	1	14	18	23	664	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre Sucre y General Trigo	3	1	3	4	5	30	10	1	10	6,00
Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	12	1	12	15	20	488	10	1	10	6,00
Madrid entre Campero y General Trigo	23	1	23	29	37	1791	28	1	28	16,82
Campero entre Ingavi y Madrid	19	1	19	24	31	1222	20	1	20	12,00
Madrid entre General Trigo y Sucre	20	1	20	26	33	1355	20	1	20	12,00

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 Oferta y Demanda de Motocicletas en el centro de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

Haciendo el análisis de estacionamiento de motocicletas para el tiempo actual se puede verificar que la oferta proporcionada en la Av. Domingo Paz entre Campero y General Trigo no satisface la demanda dando como soluciones apertura un lugar de parqueo para motocicletas que se dedican al negocio comercial, dicho parqueo podría ser ubicado antes de dicho tramo en la calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Corrado o también en calles muy próximas a dicho tramo.

Donde se observa mayor Demanda que Oferta: es en la Av. Domingo Paz entre Sucre y General Trigo ya que hay una demanda muy alta de 85 comparada con una oferta mucho menor de 60, lo que indica una falta de estacionamientos permitidos de motocicletas en esta ubicación.

En cambio, en la Calle Daniel Campos entre Ingavi y Madrid la oferta es alta 52, pero la demanda es mucho menor 9, sugiriendo un exceso de espacios de motocicletas en este tramo.

Podemos mencionar que la Calle General Trigo entre Bolivar y Domingo Paz la oferta es de 10 y la demanda 9 estando bastante equilibradas, en la Av. Domingo Paz entre la Calle Daniel Campo y General Trigo la oferta como la demanda son bajas pero equilibradas 10 cada una. La Av. Domingo Paz entre General Trigo y Campero de Norte a Sur y Sucre entre Domingo Paz y Bolivar la demanda es ligeramente mayor que la oferta, lo cual podría generar un problema menor sin embargo es muy importante prever otro estacionamiento que permitan que no haya tráfico ocasionalmente.

Oferta Actual:

- La oferta actual es generalmente baja en comparación con las demandas futuras.
- Las áreas con mayor oferta actual son "Madrid y Sucre" (46) y "Domingo Paz Norte" (32).

Demanda Actual:

- La demanda actual también es baja en la mayoría de las áreas, similar a la oferta actual.
- Las áreas con mayor demanda actual son "Domingo Paz Norte" (68) y "Madrid Sucre" (30).

Demanda Futura a 5 Años:

- Se observa un aumento significativo en la demanda en comparación con la demanda actual.
- Las áreas con mayor incremento son "Domingo Paz Norte" (226) y "Madrid Sucre" (140).
- Otras áreas con incrementos notables son "Domingo Paz Sur" (158) y "Madrid General Trigo" (124).

Demanda Futura a 10 Años:

- La demanda futura a 10 años sigue la tendencia al alza, superando incluso las predicciones a 5 años.
- "Domingo Paz Norte" sigue siendo la más alta con una demanda proyectada de 237.
- Otras áreas con altas demandas son "Domingo Paz Sur" (162), "Madrid Sucre" (148), y "Madrid General Trigo" (126).

Demanda Futura a 20 Años:

- La tendencia sigue en aumento, aunque el incremento no es tan marcado como en los primeros 10 años.
- Las áreas con mayor demanda proyectada a 20 años son "Domingo Paz Norte" (247) y "Madrid Sucre" (156).

En varias ubicaciones, la oferta y la demanda presentan cambios drásticos, lo que nos indica que la distribución de motocicletas no es uniforme en el centro de la ciudad mostrando así que la demanda que exige el casco viejo es muy amplia comparado a la oferta disponible.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Para que el presente estudio tenga resultados satisfactorios al realizar su implementación es necesario que se tomen en cuenta las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Se estudió de manera eficiente la normativa y reglamentación en Bolivia, establecen un marco adecuado para la circulación segura de motocicletas. Sin embargo, se requieren esfuerzos continuos para mejorar el cumplimiento de las normas, educar a los usuarios viales y fomentar una cultura de responsabilidad compartida en las calles de la ciudad.
- Se logró una identificación precisa de las áreas de estudio, lo cual es crucial para una recolección de datos efectiva y relevante. Esto garantiza que el estudio se centre en la zona de mayor impacto para la investigación ubicada en el casco viejo de la ciudad.
- Para la determinación de las tres horas pico, se ubicó como punto de aforo la Calle Campero entre Av. Domingo Paz y calle Bolivar, estableciendo que las horas de máximo volumen son 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 pm.

A partir de los datos de volúmenes recopilados directamente de los tramos de estudio seguido de un respectivo análisis se pudo determinar que el volumen máximo promedio total de vehículos de las cuatro semanas analizadas es igual a 1480 veh/hrs, con 352 moto/hrs y 1128 Veh/hrs, perteneciente a la Calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado y el volumen mínimo 102 veh/hrs con 52 moto/hrs y 50 Veh/hrs en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle Campero y calle General Trigo.

Los resultados de las velocidades nos demuestran que la velocidad de las motocicletas es muy amplia en comparación con los vehículos provocando una circulación más fluida de las motocicletas y un mayor tráfico de vehículos, este congestionamiento es debido al ancho de calzada ya que en varios tramos del área estudiada el ancho de calzada son mínimos, el estado en que se encuentra la superficie del pavimento y estacionamientos en lugares no permitidos de esa manera disminuyendo la capacidad de la vía, donde se observa que los vehículos circulan con mayor velocidad en la calle Colón a 22,15 km/h y más lento en la calle Campero a 10,08 km/h en cambio las motocicletas son mucho más rápidas avanzan a velocidades superiores comparadas con los vehículos ya que la

velocidad en la calle Colón es a 25,05 km/h y la más lenta en la calle La Madrid a 11,58 km/h.

Se realizó el análisis de la Densidad de Vehículos comparado con las motocicletas observamos que la cantidad de vehículos que circulan en el centro de la ciudad es de 3 Veh/km a 120 Veh/km y las Motocicletas de 2 Moto/km a 29 Moto/km donde la mayor cantidad de vehículos se encuentra en Calle General Trigo entre Av. Domingo Paz y Calle Corrado con 120 Veh/km y con 3 Veh/km en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero y las Motocicletas con mayor Densidad se produce en Calle Madrid entre calle Campero y General Trigo 29 Moto/km y la menor cantidad se encuentra en la Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero con 2 Moto/km. Demostrando que existe un valor elevado de las motocicletas que circulan en el centro de la ciudad comparado con la cantidad de Vehículos.

Se realizó el análisis de la Capacidad vehicular en cada intersección para establecer los niveles de servicio y así conocer qué tipos de flujo vehicular existe, arrojándonos como resultados la Capacidad Real tanto de Motocicletas como Vehículos que presenta el tramo de la Calle Bolivar entre la calle Colón y la Calle Suipacha es mucho más amplia con una Capacidad para Motocicletas de 403 y de Vehículos 1585, esto debido a su ancho de calzada y las pocas paradas de estacionamiento que existen en dicho tramo, comparado con la Capacidad Real que presenta el tramo de la Calle La Madrid entre la calle Colón y la Calle Suipacha con una Capacidad para Motocicletas de 157 y de Vehículos 526, ya que el ancho de su calzada es pequeño ocasionando un aforo vehicular bajo provocando mayor congestión tanto para motocicletas y vehículos que transitan el área de estudio.

Se realizó el análisis del nivel de servicio donde las calles de estudio se ubican entre los rangos E y F, o sea que se encuentran entre un rango de flujo INESTABLE a un flujo FORZADO las calles con FLUJO ESTABLE Y FLUJO LIBRE son Av. Domingo Paz Norte a Sur entre calle Campero y Juan Misael Saracho y Av. Domingo Paz Sur a Norte entre calle General Trigo y calle Campero respectivamente.

- Mejorar el control de las paradas del transporte público como el de privado de acenso o descenso de pasajeros por parte de agentes de tránsito, mediante ese control aumentaría la velocidad y disminuirá del congestiónamiento.

- Se analizó el comportamiento vehicular bajo la influencia de las motocicletas y revela que estas influyen significativamente en la dinámica del tráfico ya que la presencia de motocicletas provoca un aumento en los cambios de carril y una reducción de la velocidad promedio de los vehículos. Estos resultados sugieren que las motocicletas, aunque ofrecen ventajas en términos de movilidad individual y eficiencia en el uso del espacio, también introducen desafíos en la gestión del tráfico urbano. Por lo tanto, es crucial considerar estrategias de gestión de tráfico que integren de manera eficiente el flujo de motocicletas con otros tipos de vehículos, para mejorar la seguridad vial y la fluidez del tráfico.

- Podemos concluir que la demanda en varios tramos del centro de la ciudad excede ampliamente la oferta que proporciona la misma provocando mayor congestión donde se observa mayor Demanda es en la Av. Domingo Paz entre Sucre y General Trigo ya que hay una demanda muy alta de 85 comparada con una oferta mucho menor de 60, lo que indica una falta de estacionamientos permitidos de motocicletas en esta ubicación. En cambio, en la Calle Daniel Campos entre Ingavi y Madrid la oferta es alta 52, pero la demanda es mucho menor 9, sugiriendo un exceso de espacios de motocicletas en este tramo.

- Como conclusión el estudio de estacionamiento de Motocicletas nos favorece bastante ya que se puede conocer cuánto de oferta y demanda existe en el tramo de estudio para así de esa forma ser drástico en un control rutinario para hacer cumplir las normas de estacionamiento y buscar alternativas de estacionamiento ya sea aumentando estacionamientos o creando estacionamientos privados de manera que se evite el exceso de motocicletas parqueadas en el área de estudio.

- Existe un claro desajuste entre la oferta actual de motocicletas y la demanda actual en muchas áreas. Este desajuste se incrementa significativamente al considerar las proyecciones de demanda futura a 5, 10 y 20 años. Las áreas con mayores desajustes son "Domingo Paz Norte" y "Madrid Sucre", donde la demanda futura supera con creces la oferta actual. La demanda futura de motocicletas muestra un crecimiento exponencial en casi todas las áreas, especialmente en "Domingo Paz Norte", "Madrid Sucre", "Domingo Paz Sur" y "Madrid General Trigo".

- Este crecimiento sugiere un aumento significativo en la necesidad de motocicletas en los próximos años, lo que implica un mercado potencialmente lucrativo si se maneja adecuadamente. La discrepancia entre la oferta actual y la demanda futura resalta la necesidad de una planificación estratégica inmediata para evitar problemas de suministro y satisfacer las necesidades futuras del mercado.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda considerar la redistribución de motocicletas desde áreas con exceso de oferta como la calle Daniel Campos entre Ingavi y Madrid para que puedan suplir el exceso de Motocicletas que demandan las calles como Ingavi entre General Trigo y Campero o la Domingo Paz entre Campero y General Trigo.

- Es necesario ajustar la oferta en función de la demanda para evitar exceso de motocicletas en los tramos que sean necesarios aumentando el Índice de ocupación a 2 o en algunos casos a 3 estacionando sus motocicletas ya sea 20 o 30 min de manera que la demanda no exceda la oferta.

- Se sugiere solicitar a la alcaldía la construcción de mayor cantidad de estacionamientos para motocicletas ya que en la actualidad no abastece en su totalidad la demanda con la que se cuenta en el centro de la ciudad.

- La infraestructura de estacionamiento para motocicletas en el centro de Tarija es insuficiente y mal distribuida. Muchas zonas carecen de señalización adecuada y los espacios de estacionamiento disponibles a menudo están ocupados por otros tipos de vehículos, reduciendo aún más la disponibilidad para motocicletas.

- Es aconsejable llevar a cabo campañas de concienciación sobre la correcta utilización de los espacios de estacionamiento, desde el jardín de niños hasta los transportistas, para que todos tomen conciencia de que, si todos participamos en el cumplimiento y respeto de las normas de tránsito, lograremos tener una circulación segura y eficiente para el estacionamiento de motocicletas.

- Es necesario aumentar la oferta de motocicletas en las áreas con mayor demanda proyectada. En particular, se deben enfocar esfuerzos en "Domingo Paz Norte", "Madrid Sucre", "Domingo Paz Sur" y "Madrid General Trigo". Considerar una expansión de la

capacidad de estacionamientos y distribución en estas áreas para satisfacer la demanda proyectada

- Invertir en infraestructura para asegurar que el incremento en la oferta pueda ser distribuido eficientemente. Esto incluye mejorar las redes de transporte y almacenamiento. Implementar sistemas de monitoreo continuo de la demanda para ajustar la oferta en tiempo real. Esto puede incluir el uso de tecnologías de análisis de datos y predicción de demanda. Colaborar con autoridades locales y municipios para facilitar la expansión y mejorar la infraestructura local.

- Implementar estas recomendaciones no solo ayudará a equilibrar la oferta y la demanda de motocicletas, sino que también asegurará un crecimiento sostenible y rentable en el mercado a largo plazo.