

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Desde hace muchos años atrás el índice de incremento vehicular en la ciudad de Tarija es muy alto y está en constante ascenso progresivo, por lo que, en algunas vías más importantes de la ciudad de un tiempo a esta parte, el flujo vehicular se tornó caótico, especialmente en horas y días pico. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando principalmente por no haberse realizado la regularización respectiva del incremento de líneas de servicio de transporte público que pasan por las vías más críticas del centro de la ciudad y por las zonas más conflictivas.

La congestión del tránsito en las ciudades produce impactos negativos de distintos tipos, en primer lugar: la pérdida de tiempo en los desplazamientos directamente cuantificable en términos económicos, pero también una amplia gama de efectos negativos sobre el medio ambiente urbano, entre ellos los más importantes son los sonoros y la contaminación atmosférica. Los impactos de contaminación acústica pueden remediarse con medidas normativas, pero subsisten los que los motores y el rozamiento de los neumáticos producen especialmente en vías rápidas.

El análisis de los parámetros fundamentales del transporte público es la parte más importante del proyecto, como la determinación de la velocidad de transporte público y relacionarla con el congestionamiento de las diferentes líneas de transporte público existente en nuestra ciudad, que nos permitirá obtener los datos de campo.

Las técnicas de medición que se realizarán para este proyecto serán el tipo aforos manuales que está basado en el método AASHTO, que consiste en aforar durante un mes, en tres días de la semana y en 3 horas picos al día. Para realizar un aforo manual de un día es necesario emplear por lo menos de tres equipos de observadores, este método se aplicará en intersecciones más críticas y zonas conflictivas de la ciudad de tal manera que se tendrán datos de los tipos de transporte público, ya teniendo este estudio se realizara un análisis de las velocidades por donde circulan los diferentes tipos de líneas y veremos cómo es su congestionamiento en su ruta.

Para poder demostrar que en vías donde las velocidades de transporte público son bajas existe congestiónamiento y en vías donde las velocidades son altas no existe congestiónamiento.

Haciendo uso de toda esta información nos enfocaremos en el procesamiento de datos de aforos en gabinete que nos permitirá realizar un análisis de los resultados y estableceremos la magnitud del problema del tráfico que permitirán hacer un planteamiento de soluciones o posibles soluciones que estén de acorde con el problema que ocasiona el transporte público.

Pero sin lugar a dudas uno de los factores más importantes en este tema es la educación vial tanto del conductor como del peatón, especialmente en los conductores.

1.2. Justificación

Debido a que la ciudad de Tarija se encuentra en una situación de emergencia en cuanto se refiere al congestiónamiento vehicular produce y ocasiona impactos negativos como la pérdida de tiempo en los desplazamientos, se ha decidido realizar un análisis de la velocidad del transporte público y relacionarla con el congestiónamiento en vías que ocasiona el transporte público y el privado.

El presente trabajo está dirigido fundamentalmente a realizar un estudio y evaluación del transporte público en la vías más críticas y zonas conflictivas de la ciudad de Tarija, profundizando en los siguientes aspectos:

El cual buscará beneficiar al usuario (relacionado con peatones y conductores) el vehículo y la vialidad, pero sobre todo en lo social, por la necesidad que tienen las distintas personas de trasladarse de un lugar a otro por diversos motivos, como de trabajo, estudio o de cualquier otra actividad cotidiana. Con el propósito de ser controlados y guiados en forma apropiada.

Por otra parte, también se podrá determinar la influencia del transporte público en el flujo vehicular, y las consecuencias del mismo en el tema de embotellamientos.

Este estudio está orientado a poder demostrar que en vías donde las velocidades de transporte público son bajas existe congestión y en vías donde las velocidades son altas no existe congestión.

Se optó por la elección de este estudio para realizar un aporte académico sobre el análisis de las distribuciones de las velocidades reales de transporte público y congestión vehicular a lo largo de la ruta en zonas críticas de las líneas del transporte público y tener la capacidad de tomar decisiones acertadas a tiempo y dar un planteamiento de soluciones o posibles soluciones para minimizarlo al máximo y establecer mayor fluidez vehicular desde el punto de vista de la ingeniería de tráfico.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Situación problemática

Los problemas fundamentales en las carreteras urbanas de la provincia Cercado son múltiples, afectando directamente a la vida social, económica, ambiental. Por ejemplo, se puede observar que los vehículos livianos hasta los pesados, no circulan de acuerdo a la velocidad de diseño establecida los motivos es la infraestructura vial de la ciudad que no está en condiciones de absorber el volumen de crecimiento del automotor actual al ser este un factor que evoluciona en función del tiempo, el incremento de líneas de servicio de transporte público que pasan por las vías más críticas del centro de la ciudad y por las zonas más conflictivas, lo cual coincide con zonas comerciales, de salud, instituciones financieras, colegios y de gran concurrencia de personas provocando que el flujo vehicular se torne caótico, especialmente en horas y días pico ocasionando congestión vehicular que produce impactos negativos como la pérdida de tiempo en los desplazamientos y consumo innecesario de combustible, a su vez también genera contaminación atmosférica y sonoros de los motores.

Los intensos volúmenes de tráfico presentados en horas pico del día, en las intersecciones más críticas de la ciudad provoca la acumulación de los vehículos, que podrían ser causadas por los semáforos debido al tiempo de demora, mala ubicación o mal uso de ellos, y también de aquellos vehículos que puedan girar hacia la izquierda o derecha, o al

estar estacionados en lugares no debidos generan demoras en el flujo vehicular por ir con una disminución de velocidad en el momento de circular o de dar un giro.

Muchas de estas causas señaladas generaran en las zonas urbanas mayormente transitadas los posibles embotellamientos y demoras en el tráfico, tal vez por aquellos inconvenientes que se presenta la infraestructura de la vía como los baches o ciertas falencias que intervengan en la fluidez de los vehículos por ella.

1.3.2. Problema

¿A través de las mediciones de los parámetros de tráfico del transporte público, de qué manera se podrá solucionar los efectos del congestionamiento vehicular en las intersecciones más conflictivas de la ciudad de Tarija?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la velocidad del transporte público y su influencia en el congestionamiento utilizando la norma AASHTO, que permita identificar las causas del congestionamiento en las condiciones más críticas por donde circula el transporte público y plantear soluciones acordes al problema en las vías de la ciudad de Tarija.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los aspectos fundamentales sobre la definición de los pilares importantes del problema de tráfico ya que será útil durante el desarrollo del proyecto.
- Seleccionar zonas más críticas de la ciudad donde exista más problemas de circulación vehicular para poder tomar datos del parámetro del tráfico.
- Realizar aforos manuales para determinar la velocidad del transporte público y transporte privado en nuestra ciudad.
- Realizar el estudio de los tiempos de circulación y distancia de recorrido de las diferentes líneas del transporté público que circulan por la ciudad.

- Relacionar la velocidad con el congestionamiento, para demostrar que en calles que tiene mayor cantidad de flujo de tráfico público las velocidades son bajas y existe congestionamiento.
- Analizar la influencia de las medidas de tránsito como (restricciones, paradas y tiempo de demoras), que afectan en la velocidad del transporte público, que circulan por las arterias céntricas.
- Determinar la capacidad vehicular en intersecciones con semáforo, para realizar un análisis determinístico del congestionamiento.
- Recopilar los parámetros necesarios para realizar un análisis de intersecciones con semáforo con régimen D/D/1, para determinar los elementos de espera.
- Evaluar las velocidades, para determinar las causas del congestionamiento vehicular en los puntos seleccionados y plantear soluciones acordes al problema que ocasiona el transporte público.

1.5. Diseño metodológico

1.5.1. Componentes

1.5.1.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio es el comportamiento del tráfico vehicular en vías urbanas, que no suele ser constante y varia a lo largo del día especialmente en las intersecciones de la ciudad, de las zonas más conflictivas provocando congestionamiento del flujo vehicular a lo largo de su ruta particularmente en horarios picos, afectando a los usuarios que hacen uso para poder transportar sus productos o de transportarse de un lugar a otro, este tema tendrá la particularidad de enfocarse principalmente en el transporte público como los micros y taxi trufis, ya que es el tema principal de estudio.

1.5.1.2. Población

La población del presente proyecto es el comportamiento del tráfico vehicular en vías de la ciudad de Tarija, este es el lugar donde se realizará el estudio evaluando a las

modalidades de transporte público de las líneas existente en las calles de nuestra ciudad, lo cual buscará beneficiar en lo social, por la necesidad que tienen las distintas personas de trasladarse rápidamente de un lugar a otro.

1.5.1.3. Muestra

La muestra es la velocidad del tráfico en el transporte público dentro de las vías críticas en la ciudad de Tarija, o en el casco central para evaluar el congestionamiento y el comportamiento del tráfico vehicular, será necesario contar con velocidad de circulación de los vehículos que se desarrollan en las zonas más conflictivas de la ciudad en horarios picos, en su trayecto de su ruta de las líneas de transporte público.

1.5.1.4. Muestreo

Para el muestreo haremos la selección de 30 puntos críticos con mayor circulación en el área urbana de la ciudad de Tarija, para esto haremos la selección del número de puntos en el perímetro de la muestra tomando en cuenta las rutas por donde circulan los micros y taxi trufi, se realizará tomando datos de la muestra mediante el método manual, aforando velocidades del transporte público que transitan por la ciudad.

1.5.2. Métodos y técnicas empleadas

Este presente proyecto de aplicación se utilizará el método inductivo.

Es aquel método científico que apuesta por el establecimiento de una serie de leyes a partir de lo que se observa y que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueda distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos o acciones, su registro, la clasificación y el estudio de los hechos, la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización y la contrastación.

Mediante estos cuatro pasos se logra postular una hipótesis que brinda una solución al problema planteado, el método se caracteriza por varias cosas entre ellas está el hecho de que al razonar lo que hace quien lo utiliza es ir de lo particular a lo general.

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 en la puesta de un análisis de velocidad 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.

1.5.2.1. 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 emplazaran en un área de estudio determinado y se fijara 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 en treinta intersecciones 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, tomando 30 vehículos por hora.

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 los vehículos en las calles de

la ciudad y poder así ver la calidad de circulación con la que cuenta la vía, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestión.

Además, la forma de observación será sistemática porque utilizaremos un instrumento para medir tiempos y distancias de manera uniforme para encontrar las variables de estudio, los instrumentos para la obtención de datos con los que se contará para realizar el estudio llegarían a ser cronómetro para medir el tiempo de circulación y el tiempo de demoras de las líneas 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.

1.5.2.2. Descripción de los medios e instrumentos

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

Cinta métrica

Con este instrumento se medirá la distancia que recorrerá el vehículo, al momento de sacar las velocidades.

Figura 1.1 Cinta métrica



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.4 Tablero de aforo



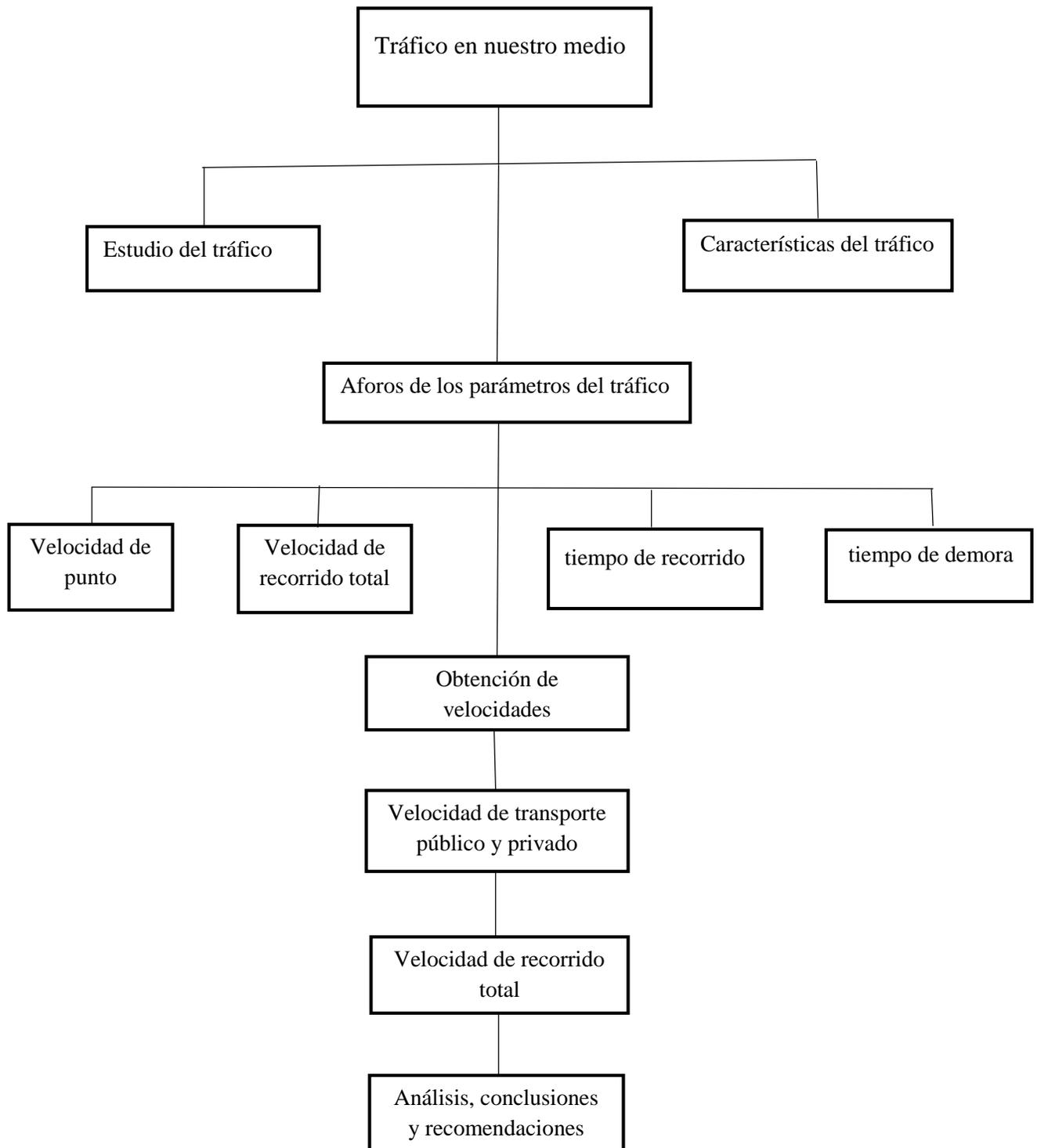
Fuente: Elaboración propia

Otros

Aquí mencionaremos otros instrumentos que nos servirán de ayuda para facilitar la obtención de datos como banderitas, yesos, biógrafos y un reloj.

1.5.2.3. Procedimiento de aplicación

Figura 1.5 Análisis de información para el estudio de tráfico



Fuente: Elaboración propia

Para efectuar el respectivo estudio y análisis del tráfico estableceremos el área donde se generan mayor congestiónamiento y demoras de circulación en la ciudad de Tarija, respectivamente en treinta tramos de zonas más congestionadas de las rutas de líneas de transporte público

Para poder tener información de lo que es el tráfico en las redes urbanas se procederá a hacer estudios de campo que vendrían a ser los aforos respectivos de los vehículos.

Para proceder a desarrollar el aforo de los vehículos se desarrollará por el método manual, lo primero que se hará es el conteo de todos los vehículos que circulan por dichas calles de la ciudad durante 12 horas para poder ver a 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 en los que se realizará el estudio del tráfico para tener conocimiento del comportamiento de los vehículos.

Se realizará también el aforo de velocidades de vehículos del transporte público y privado que se realizara en los puntos específicos ya establecidos, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona u observador se ubicó en el tramo central entre cada acceso que llegaba a la intersección, tomando las mediciones respectivas de los distintos vehículos que pasan por dichos puntos de estudio anotando en planillas.

La distancia adoptada será de 25 metros en calles céntricas y 50 metros en avenidas con la ayuda de una cinta métrica, teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda cronometrar los tiempos de cada uno de los vehículos que pasan por la zona de estudio.

A través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de velocidad 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.

La medición de la velocidad de los vehículos se realizó tomando 30 vehículos por hora que pasan por la calle en estudio que se encuentran en circulación.

Luego procedimos a la comparación y depuración de las velocidades que se salieron fuera de rango, a partir de los cuales encontraremos la media y desviación estándar.

Al mismo tiempo para proceder a la medición de las velocidades de recorrido total en las rutas por donde circulan los micros, se realizó de la siguiente manera, se determinó por medio del google earth las distancias de recorrido de una vuelta, (de ida como de vuelta) de varias líneas tiempo de demoras de los micros (tiempos de demora de pasajeros, tiempo de demora de parada del transporte público por donde estas circulan, posteriormente obtuvimos mediante un cronometro los tiempos de circulación del transporte público (cuando el vehículo se encuentra en movimiento) y, tiempo de demora por semáforos y tiempo de demora debido al trafico), para determinar la velocidad de recorrido total.

Al obtener los datos de las velocidades de recorrido, nos hace más fácil proceder a la medición de las velocidades de crucero en las rutas por donde circulan los micros, se realizó de la siguiente manera se determinó por medio del google earth las distancias de recorrido de los micros de una vuelta (de ida como de vuelta) de varias líneas del transporte público, posteriormente obtuvimos mediante un cronometro los tiempos de circulación de los micros (cuando el vehículo se encuentra en movimiento), para determinar la velocidad crucero.

Teniendo los datos de campo se procede a realizar el trabajo en gabinete, llevando todos esos datos a una computadora para generar planillas de excel, para poder ver el comportamiento y características en cada una de las intersecciones de las redes urbanas debidas al tráfico vehicular y hacer un análisis de resultados de cada parámetro

1.5.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.5.3.1. Estadística descriptiva

Esta aplicación tiene un carácter probabilístico que nos proporcionara 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.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Medidas de dispersión:

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:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

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.

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

1.5.4. Alcance del estudio

El alcance global del presente proyecto comprende el análisis de la velocidad del transporte público que está orientado a buscar una o varias soluciones al problema del congestionamiento vehicular de transporte público urbano que existe en nuestra ciudad, el tema está constituido de teoría y aplicación, en la parte teórica se establecerán definiciones acerca de los parámetros que componen el tráfico, en la parte de aplicación los estudios que se realizarán para poder estimar estos parámetros serán aforos manuales en las distintas intersecciones de las redes urbanas con mayor incidencia vehicular en las horas pico, de tal manera que se tendrán datos de los tipos de transporte público mediante la medición de velocidad de transporte público, que se aplicarán en zonas críticas de la ciudad, las mediciones se realizarán por el método AASHTO , ya teniendo este estudio se hará un análisis de las velocidades por donde circulan las diferentes tipos de líneas y veremos cómo es su congestionamiento en su ruta para demostrar que en vías donde las velocidades de transporte público son bajas existe congestionamiento y en vías donde las velocidades son altas no existe congestionamiento.

Reunidos los datos generados se desarrollarán los análisis y se sacarán los resultados que indiquen que los parámetros estudiados del tráfico muestren el comportamiento de los vehículos en las vías, permitiendo desarrollar conclusiones de los estudios del tráfico evaluado.

Inicialmente se pretende dar una buena introducción donde se difundirá sobre la importancia que tienen en la actualidad los conceptos fundamentales del tráfico en nuestro medio ya que el tráfico es la ciencia que se ocupa de estudiar, analizar y buscar soluciones para que la interrelación entre usuarios y peatones, vehículos puedan permitir una circulación adecuada a su vez también se mencionara como fue evolucionando el transporte público a lo largo del tiempo por la necesidad de los usuarios para poder transportarse y transportar sus productos con fines de obtener su ganancia.

Se justificará el tema mostrando la importancia del análisis de la velocidad del transporte público urbano donde se podrá apreciar la función que cumple en el transporte público.

posteriormente, se determinó el objetivo general indicando claramente el propósito del presente trabajo y los objetivos específicos de forma concreta y precisa.

También se dará a conocer el alcance del trabajo que nos enmarcara hasta donde se podrá llegar con el presente análisis, mostrando sobre todo la aplicación práctica que será la que nos ayudara a realizar el análisis con datos reales.

Posteriormente se reunirá la información necesaria de acuerdo a las normas planteadas para este proyecto. Se explicará detalladamente los conceptos fundamentales de volumen vehicular, velocidad, capacidad vehicular, nivel de servicio, sobre todo en lo que se refiere a los tipos de velocidad vehicular en áreas urbanas que es el parámetro que servirá de análisis en forma concreta las características de la circulación vehicular como ser: velocidad de punto, velocidad de recorrido total, velocidad de cruce y velocidad directriz paralelamente también se dará a conocer la definición del transporte público y sus modalidades que las caracterizan como el transporte para el tránsito y también se verán las causas producidas por el congestionamiento en el área urbana.

En lo que se refiere a la aplicación práctica se dará una descripción de las características funcionales de las diferentes rutas por donde circulan el transporte público, para realizar el estudio de la velocidad se partirá por el área de estudio ya determinado que será aplicado a treinta intersecciones donde haya mayor cantidad de movimiento vehicular, se encabezará con la realización del aforo vehicular en horas pico del día y realizaremos las mediciones del parámetro velocidad a través del procedimiento de la norma AASHTO, para posteriormente realizar el trabajo en gabinete, y determinación de la incidencia que tiene el transporte público en el flujo de circulación, con el fin de alcanzar un análisis de resultados eficaces.

Finalmente se describirá, las conclusiones y recomendaciones respecto a la velocidad, y así poder afirmar en qué medida la velocidad del transporte público influye en el congestionamiento del área urbana esperando que este trabajo aporte de manera fundamental a diseño de futuras obras similares que ayuden a solucionar el problema de tráfico vehicular.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

2.1. Historia de la evolución de la ingeniería de tráfico

2.1.1. Aparición de la rueda

Las ruedas más antiguas que se conocen fueron construidas en la antigua Mesopotamia, entre el año 3500 A.C. y el 3000 A.C. Se cree que los vehículos de ruedas aparecieron después de la invención del torno de alfarero, y el carro no tardó en sustituir al trineo como medio de transporte. En su forma más simple la rueda era un disco sólido de madera fijado a un eje circular mediante espigas de madera. Luego se eliminaron secciones del disco para reducir el peso y los radios empezaron a emplearse en torno al año 2000 A.C.

La invención de la rueda fue un importante punto de inflexión en el avance de la civilización humana. La rueda llevó a un uso más eficiente de la fuerza animal en la agricultura y otros terrenos, y se convirtió en un sistema mecánico insustituible para controlar el flujo y la dirección de la fuerza. Las aplicaciones de la rueda en la vida y tecnología modernas son casi infinitas.

Figura 2.1 Primeras ruedas



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria de tráfico](https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria_de_tráfico)

2.1.2. Aparición del automóvil

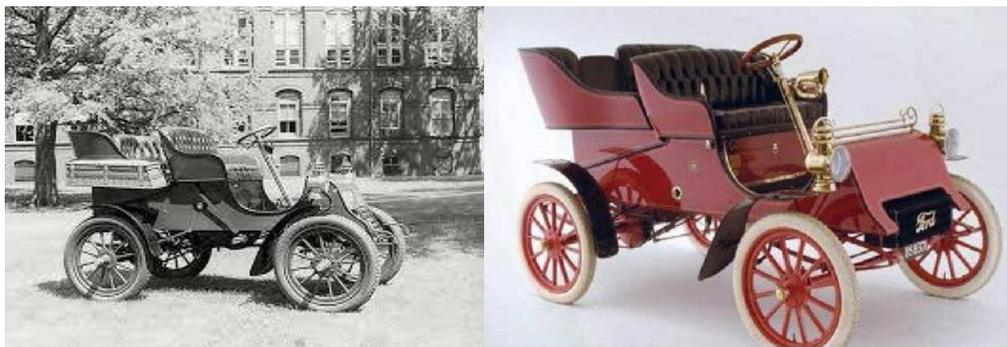
Las últimas décadas del siglo XIX ven la aparición del automóvil con motor de gasolina y renace el deseo de conservar en buen estado los caminos que habían sido abandonados una vez más.

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.

Al iniciar su vida y considerado como un artefacto de lujo y deporte, encontró serios obstáculos por los malos caminos y leyes anacrónicas, además de la natural oposición de las empresas y particulares habituados al ferrocarril y los carruajes tirados por animales, por lo que hubo que esperar para su florecimiento hasta principios del siglo XX.

Los grandes desarrollos en transporte han neutralizado relativamente el obstáculo espacio con la reducción de distancias expresada en disminución de tiempos de viaje, permitiendo la integración de las distintas zonas y funciones de la ciudad y de esta con áreas adyacentes e incluso distantes, lo cual influyó en la progresiva ampliación de las concentraciones urbanas.

Figura 2.2 Aparición de los primeros automoviles



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria de tráfico \(transporte\)](https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria_de_tráfico_(transporte))

2.1.3. Historia y evolución de la ingeniería de tráfico

El hombre desde épocas remotas buscó la forma de crear sus vías de comunicación o sea los caminos, que estaban orientados para la comunicación entre los antiguos pueblos existentes.

Pero estos caminos o vías de comunicación eran de una construcción precaria que solo consistía en el aplanamiento del terreno para el paso de personas o animales de carga, pero con la invención del automóvil que al principio fue un artefacto de mucho costo que sólo lo adquirirían las personas pudientes y que luego poco a poco se convirtió en un artefacto útil a la sociedad, tanto para su movilización a los distintos lugares de trabajo y también

para la recreación; obligó a mejorar físicamente los diferentes caminos, disminuyendo las pendientes, dando mayores radios de curvaturas, etc.; así mismo el mejoramiento de la capa de rodadura a una más liza y confortable para que vaya de acuerdo al avance tecnológico del automóvil, ya que este evolucionó a pasos agigantados por lo que se requería un mayor confort y seguridad al transitar por estos caminos que al paso de los años se convirtieron en vías o calles urbanas o carreteras.

Lo que no se pudo prever en ese tiempo fueron los problemas que se iban a producir por la alta tasa de motorización que se dio en las principales ciudades del mundo, nos referimos a los congestionamientos y caos vehiculares que se dieron, esto debido a que las vías urbanas no tenían las características físicas suficientes para permitir el flujo normal de los vehículos que transitaban por las mismas.

Es a causa de este problema que tiene su origen la ingeniería de tráfico que en principio sólo estaba orientada al estudio de las causas de accidentes, y a la prevención mediante la aplicación de restricciones que en muchas veces sólo iban a causar demoras y molestias a los usuarios, tanto a los conductores como a peatones, y para la aplicación de las restricciones se tuvo que recurrir a la policía.

En el año de 1920 en los Estados Unidos, se inició la ingeniería de tráfico como rama dependiente de la ingeniería civil, debido al problema de la gran concentración de vehículos, la difícil modificación de las vías urbanas y también debido a la presencia de grandes edificaciones urbanas.

Y fue en 1930 donde se fundó el Instituto de los Ingenieros de Tráfico con los respectivas atribuciones y funciones que paulatinamente su acción se fue engrandeciendo hasta abarcar todos los aspectos que intervienen en esta problemática social como ser el usuario, la vía o calle y el automóvil.

En Inglaterra hacia 1950 se empieza a desarrollar considerablemente la ingeniería de tráfico. Aunque los ingenieros encargados de las carreteras y de las vías urbanas habían.

La ingeniería de tráfico surgió por la concentración de vehículos que rebasaron las medidas dictadas por una práctica elemental y aplicada por la policía. En un principio se

orientó hacia el campo de la ordenación de la circulación y de la seguridad vial, en el sentido de buscar un mayor rendimiento de las calles existentes.

Al paso del tiempo, los problemas de tráfico se fueron tratando con criterios ingenieriles, se ha ido incrementando esta técnica que puede ya solucionar los problemas de ordenación de forma cuantitativa; y se ha desarrollado también teniendo una visión hacia el futuro mediante el planeamiento urbano, y del transporte en su conjunto.

De la observación de los problemas presentes se han podido deducir los procedimientos y medidas más convenientes para ir mejorando las condiciones futuras.

2.1.4. Definición de la ingeniería de tráfico

Se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, trazado y funcionamiento de las redes viarias, así como de los aparcamientos, terrenos colindantes y zonas de influencia y de su relación con otros medios de transporte. Su objetivo principal es conseguir que la circulación de personas y mercancías, se realice de la forma más segura, eficaz, económica y cómoda.

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

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

2.1.5. Problema del tráfico

2.1.5.1. Factores que intervienen en el problema de tráfico

Si hacemos una comparación entre los elementos que convergen en el problema de tráfico que son: camino o trazo urbano, vehículo y usuario (conductor y peatón), se puede notar que el problema actual radica en que vehículos cuya tecnología ha avanzado en forma sorprendente, están circulando por caminos o trazos urbanos cuyas características físicas y geométricas ya no están acordes a la necesidad actual y cuyo aumento de usuarios en

los centros poblados también ha tenido un índice importante creando mayores necesidades, por lo que se debe encontrar soluciones que traten de equilibrar estos de tal manera que un vehículo moderno pueda transitar por los caminos y trazos urbanos en condiciones aceptables y cuyos usuarios estén satisfechos en sus necesidades.

2.1.5.2. Soluciones del problema

Solución integral

Si a partir de un análisis se comprueba que no existe relación entre los vehículos que actualmente circulen y las carreteras físicamente construidas hace muchos años, una solución integral significaría, retirar toda la parte física y planificar una nueva estructura de acuerdo a las necesidades.

Esta solución por el alto costo que significaría en la mayoría de los casos no es viable, aunque se considera la mejor solución.

Solución parcial de alto costo

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

Sin embargo, todas estas soluciones requieren fuertes inversiones y por lo tanto es una solución costosa.

Solución parcial de bajo costo

Este tipo de solución se basa en el aprovechamiento máximo de las condiciones físicas existentes tratando de realizar la menor obra física posible, plantear o proyectar lo máximo en cuanto a regulación funcional, el tráfico vehicular y circulación peatonal; entre otras cosas esta solución involucra una readecuación de las normas y reglamentos de tránsito, medidas de educación vial, readecuación del número de carriles y sentidos de circulación, señalización adecuada, aprovechamiento óptimo de las zonas de estacionamiento, etc.

Sin duda por las características de nuestro país económicamente es esta última solución la más viable a la que se debe propender a través de un estudio y análisis a partir de la Ing. Civil.

2.1.6. Metodología

Para atacar este problema, debemos seguir cuatro pasos sucesivos, que permitirán el planeamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios serían los siguientes:

Recopilación de información

Procesamiento de la información

Análisis de la información procesada

Planteamiento de soluciones

Recopilación de información

En esta recopilación de datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, aforos, mediciones, encuestas relevamiento. Los periodos de recolección de información pueden ser variables sin embargo le recomendación es la siguiente: Si las condiciones operativas y presupuestarias nos dan la posibilidad esta recolección de información debe tener un tiempo de un año considerando todos los días del año esto permitirá tener datos históricos en todas las temporadas del año y en todas las horas del día. En la mayoría de los casos no siempre es posible esta resolución porque demanda muchos recursos económicos y humanos lo más frecuente desde la recolección de la información se realiza periodos menores que pueden ser 3 meses o 1 mes este último como mínimo además de reducir el periodo de recolección en meses también pueden reducirse en días consolidando solo 3 días a la semana, de manera que se tomen 2 días hábiles y 1 no hábil para la recolección de información.

Es también posible reducir las horas de recolección de información dentro de cada día tomando el criterio de las 3 horas pico que serían las principales del día cuya determinación debe realizarse en un trabajo previo durante una semana.

Procesamiento de la información

Una vez que se termine con la recolección de la información para los diferentes estudios que van a englobar el estudio de tráfico, se debe realizar el correspondiente procesamiento de información, dependiendo del tipo de información si son aforos, mediciones, encuestas éstas tendrán que ser procesadas totalmente y apoyado en la herramienta estadística, se harán la depuración correspondientes y se determinaran indicadores de tendencia central, indicadores de desviación e indicadores de probabilísticos.

Análisis de la información procesada

Esta etapa es en la que la ingeniería de tráfico debe establecer las causas técnicas que originan el problema de manera que identificadas las causas se pueda establecer claramente que solución se debe adoptar y a que variable se debe atacar, este resultado debe salir de un análisis de todos los valores procesados y valores obtenidos de manera que sean el respaldo de la sección a determinar.

Planteamiento de soluciones

Una vez concluido con el análisis el siguiente paso es el planteamiento de la solución o las posibles soluciones que en realidad constituye el logro del objetivo del estudio para ello en ingeniero de tráfico tendrán que basarse en el análisis realizado, en la viabilidad técnica y en la viabilidad económica.

2.2. Elementos fundamentales del tráfico

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la Ingeniería de Tránsito, es importante analizar, de manera muy general, los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito interactuando entre sí.

Existen 3 elementos básicos que componen la Ingeniería de tráfico que son:

El usuario

El vehículo

La vía o vialidad

2.2.1. Elemento usuario

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor.

El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

2.2.1.1. El peatón

Se considera como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año de edad hasta más de cien años.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la autopista el tráfico de los peatones es prohibido.

Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto, se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población. La fotografía de la figura ilustra en cierta manera esta afirmación.

La fotografía de la figura 2.4 muestran los semáforos peatonales, los cuales permiten un mejor control para el cruce de peatones en las intersecciones donde el tráfico vehicular es excesivo debido al incremento del automotor.

El peatón no se ha asimilado al medio, en general, aún no ha comprendido lo que significa el transporte automotor. En las actividades comunes del peatón en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo una situación anormal.

Esto se nota más específicamente con personas que viene de fuera del medio, como el provinciano que llega a una ciudad, está indeciso en los cruceos esperando un momento

oportuno, sin saber de qué lugar vienen los vehículos y repentinamente trata de cruzar corriendo.

Figura 2.3 Relación entre el número de peatones y el censo de la población



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

Figura 2.4 Semáforos peatonales



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

2.2.1.2. El conductor

El conductor es la persona que dirige o controla un vehículo automotor, es quizá dentro el complejo proceso de tráfico uno de los elementos más importantes, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación.

Una vez ante el volante de un vehículo el conductor tiene libertad de acción muy grande, si bien no absoluta. Puede elegir el origen y el destino de su ruta, las paradas y demoras, la velocidad con que recorrerá en su ruta.

Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.

Características del conductor

Uno de los problemas del tráfico y de los ingenieros de tráfico cuando consideran las características del conductor en el curso del diseño, son las habilidades que son variables y las capacidades perceptivas de los conductores. Esto es demostrado por la amplia gama de las capacidades de la gente de oír, ver, evaluar, y de reaccionar.

Los estudios han demostrado que estas capacidades pueden variar bajo diversas condiciones individuales, tales como el alcohol, la fatiga, y la hora del día, por lo tanto, es importante que estos criterios sean usados en el proceso de diseño.

En resumen, existe un gran número de factores que influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

Factores Internos

Factores Externos

Factores internos

Los factores internos son todos aquéllos que provienen del conductor mismo y son consecuencia de los aspectos físicos, psicológicos, y de salud.

Entre los factores internos podemos mencionar: la vista, el oído, reacciones físicas y psicológicas

La vista

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica. Consta de una cavidad que tiene una lente en la parte frontal. Esta lente tiene un obturador, al igual que la cámara fotográfica, que puede ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera

admitir esa cavidad interior. El órgano visual humano tiene una serie de celdas en la parte posterior, o retina, que son las que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro.

Sin embargo, aún con una vista excelente existen ciertos momentos en que el conductor se queda momentáneamente ciego:

Por el deslumbramiento de luces altas emitidas por faros de vehículos que circulan en dirección contraria durante la noche. Este enceguecimiento momentáneo se puede evitar con una adecuada educación vial.

El deslumbramiento originado por los rayos solares cuando el ángulo de estos es tal que dan una reflexión directa sobre los ojos.

Por bolsones de niebla densa cercanos al vehículo que se presentan en algunos tramos de carreteras.

El oído

Es un sentido muy importante para el conductor para casos de emergencia cuando un peatón u otro conductor están distraídos, o este último puede hacer movimientos no permisibles, sin embargo, el uso de la bocina debe ser el estrictamente necesario. Sabemos que una sobreexcitación del oído por ruidos molestos puede causar irritación anímica y disminuir el rendimiento del conductor. La pérdida de la capacidad auditiva no es un problema serio, puesto que puede ser corregida normalmente por una prótesis de auditiva.

Reacciones físicas y psicológicas

Hay dos tipos de reacciones en el individuo: la reacción física o condicionada y la reacción Psicológica.

La reacción condicionada, está relacionada con el sector de conductores que han desarrollado ciertos hábitos. A las personas que están acostumbradas a utilizar cierta ruta especial, cierto camino o cierta calle, se les desarrolla un hábito que se convierte en destreza. Pueden llegar a cierto cruce y prever el peligro, pueden tener en cuenta cosas que la persona que pasa por primera vez no advierte.

Entonces esas personas han desarrollado cierta habilidad, a la vez que una reacción condicionada, por haber usado ese camino muchas veces.

El conductor de un vehículo reacciona de acuerdo con los hábitos buenos o malos que se ha formado. Por lo general el hábito, la experiencia que ha adquirido el usuario, es la mejor defensa contra los accidentes.

La reacción psicológica, en cambio, es un proceso intelectual que culmina en un juicio. Se trata de estímulos que son percibidos y enviados al cerebro. Después de obtener una reacción se llega a una decisión para actuar. Son reacciones intelectuales del individuo, pero están afectadas por las emociones y otras causas que pueden modificar las facultades del mismo.

Podemos imaginar el diagrama de cómo llegan esas emociones, esos estímulos al cerebro a través de los órganos sensitivos del hombre: tacto, oído, vista, etc. Esas reacciones envían un mensaje al cerebro, éste tiene que reaccionar a través de un proceso intelectual y tomar una decisión para actuar, finalmente, manda la orden al músculo apropiado, que actúa de inmediato.

Hay un tiempo mínimo de reacción en estos procesos. Este tiempo de reacción es el que corresponde al estímulo simple, es decir, no a una situación complicada, sino a una situación sencilla cuando existe un estímulo único.

Llamaremos en este caso, estímulo, a cualquier emergencia que se presente en nuestro camino: un peatón que cruza, un animal, una desviación, cualquier obstáculo, etc. Es el estímulo que percibe el usuario y que lo anima a actuar.

Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en este tiempo de reacción son los siguientes:

La fatiga

Enfermedad provocada, alcohol, drogas, etc.

El estado emocional del individuo

El clima

La época del año

Las condiciones del tiempo

La altura sobre el nivel del mar

Factores externos

Los factores externos que influyen en la reacción del conductor son aquéllos que no dependen de él mismo, sino del entorno de su recorrido.

Entre estos factores externos que tienen influencia en la reacción de un conductor, podemos indicar:

La distancia de visibilidad de la vía

Ancho de carril

Presencia de cruces

Señalización

Fenómenos atmosféricos

2.2.2. El vehículo

2.2.2.1. Características del vehículo

Es el elemento que dentro de la problemática de tráfico ha sufrido más transformaciones a través del paso del tiempo, desde la aparición del vehículo actual que transita por calle y carreteras, este ha sufrido una gran evolución tanto en características físicas como operacionales. Pero lo que hay que lamentar es que esta transformación que ha sufrido el vehículo no ha sido paralela a la modernización de calles o carreteras, y por lo tanto se tiene vehículos de condiciones altamente tecnológicas que están circulando por calles y carreteras que no cuentan con la geometría adecuada ni la capacidad para absorber los tipos de vehículos contemporáneos, por eso es importante que al analizar el problema de tráfico se determine la influencia del vehículo como elemento fundamental del problema de tráfico.

Para analizar el vehículo como elemento fundamental podemos ver a este desde 2 puntos de vista:

Características físicas

Uso o utilización del vehículo

Características físicas

Los vehículos al ser integrantes del conjunto de circulación tanto en ciudades como en carreteras, tienen que ser elementos cuyas dimensiones estén acordes a los lugares por donde van a circular ya que de otra manera puede generarse una incompatibilidad que sea causa de generación de problemas de tráfico.

De las características físicas que son el ancho, largo y alto de los vehículos además del peso, las primeras geométricamente, sin duda, van a tener mayor influencia en la problemática del tráfico más aún en los trazos urbanos en donde las calles de circulación vehicular sólo son una parte del equipamiento urbano; por lo tanto, las modificaciones físicas son más difíciles de realizar. Sin embargo, por otra parte, los centros urbanos tienen un parque automotor donde un gran porcentaje de los mismos son vehículos livianos cuyas dimensiones tienen una tendencia por los fabricantes, de reducir tanto el ancho como el largo.

En el caso carreteras la situación es contraria, la tendencia de los fabricantes es de tener cada vez vehículos más largos que provocan mayores problemas especialmente en tramos curvos.

En la actualidad existen normas o leyes en los diferentes países sobre las dimensiones y pesos que deben circular por carreteras o centros urbanos en nuestro país, se tiene una ley de carga donde se establecen los pesos límites que deben transitar por las carreteras, suponiendo que ese tipo de transporte no circula por los trazos urbanos y de hacerlo se establecerán rutas especiales de tráfico pesado.

Esta ley no es restrictiva en dimensiones de vehículos si no que establece características de vehículos tipo. A continuación, mostramos características y límites de diferentes tipos de vehículos:

Automóviles

Tabla 2.1 Dimensiones de automóviles

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	6,00 m	4,56 m
Ancho	2,06 m	1,14 m
Alto	1,75 m	1,25 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

Camiones

Tabla 2.2 Dimensiones de camiones

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	11,00 m	5,75 m
Ancho	2,44 m	1,88 m
Alto	3,81 m	1,75 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

Autobuses

Tabla 2.3 Dimensiones de autobuses

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	12,25 m	7,15 m
Ancho	2,44 m	2,44 m
Alto	2,90 m	2,44 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

Uso y utilización del vehículo

Es importante también tener en cuenta en el elemento vehículo el uso o la utilización que tiene este por los diferentes usuarios ya que debido a ello es muy probable que haya mayor incidencia de algunos vehículos que otros en el problema de tráfico.

Se entiende por usos a que si el vehículo es usado como elemento particular o como un elemento público, cuando el vehículo es usado para transporte particular; por lo general, este tipo de vehículos, si bien tiene un mayor porcentaje en el parque automotor, su comportamiento es variable en función a la utilización que le dan a los mismos, es decir

que podrían ser vehículos que sirven para el transporte a los lugares de trabajo, los cuales son utilizados todos los días de la semana pero con direcciones de flujo casi constantes; en otros casos, los vehículos particulares sólo son usados los fines de semana con fines de recreación, donde el flujo también está incrementado hacia el área de esparcimiento de los centros urbanos.

Por otra parte, también existen otros vehículos particulares de carácter comercial cuya labor es la distribución de artículos que tendrán también sus flujos direccionales prácticamente constantes.

Los otros vehículos cuyo uso es de carácter público y que generalmente sirve de transporte de pasajeros, en algunos casos de carga, los cuales a pesar de tener rutas definidas por un volumen de tráfico permanente y constante resulta tener una mayor incidencia ya que ligado a este tipo de vehículos está el comportamiento del usuario peatón que es el usuario del transporte público en ciudades urbanas.

Uno de los grandes problemas de las ciudades es el manejo del transporte público debido al alto índice de utilización en función al crecimiento poblacional; por ello, en las grandes ciudades con poblaciones que superan el millón de habitantes se han buscado soluciones estructurales como son el caso de sistema de ferrocarriles eléctricos, subterráneos, etc.

En nuestro medio, sin contar con una población demasiado grande, el transporte público tiene una incidencia muy importante en el problema del tráfico por dos razones fundamentales:

Por el incremento considerable del parque automotor en el transporte público a nivel de taxis, micros, colectivos y minibuses.

Por qué ese parque automotor de transporte público tiene establecidos sus flujos principales de circulación sobre las calles de mayor volumen de tráfico.

2.2.3. La vialidad o vía

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos. La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro

de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras y a nivel urbano las calles de la ciudad.

2.2.3.1. Partes integrantes de una vía

Calzada o superficie de rodamiento

Es aquella faja acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.

Carril

Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

Acotamientos o bermas

Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente puede usarse como estacionamiento provisional para alojar vehículos en caso de emergencia..

Corona

Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre los hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.

Hombro

Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o el talud interior de la cuneta con la corona.

Cunetas

Van paralelamente a los acotamientos, destinadas a facilitar el drenaje superficie longitudinal de la carretera.

Contra cunetas o zanjas de coronamiento

Puede existir en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Taludes

Son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

Drenaje transversal

Está formado por las alcantarillas y estructuras mayores por ejemplo los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.

Rasante

Como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

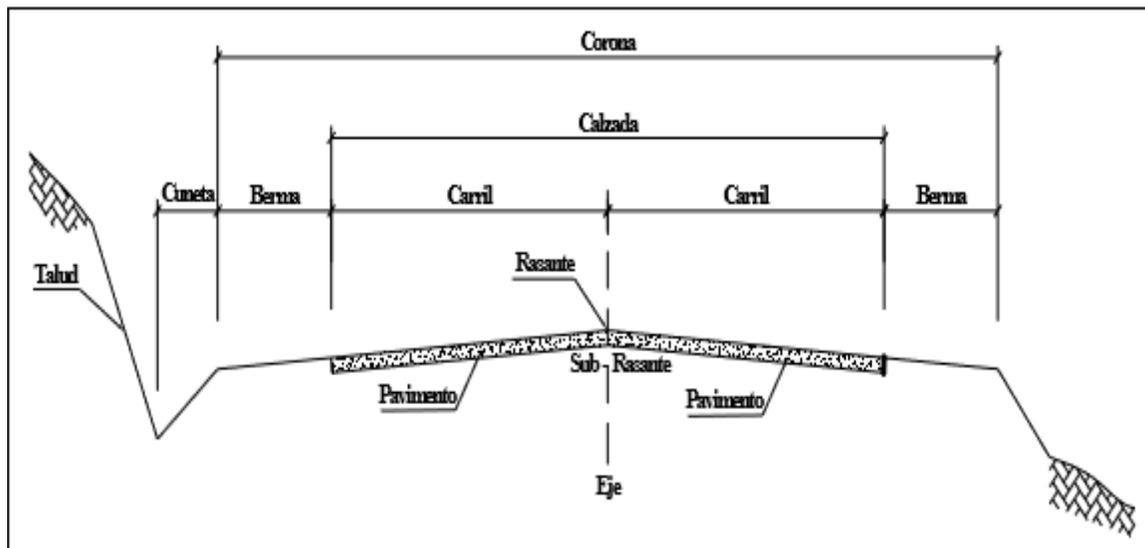
Subrasante

Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

Pavimento

Es la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permitan un tránsito rápido, eficiente y sin polvo.

Figura 2.5 Partes integrantes de una vía



Fuente: “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico”, “Texto alumno”, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

2.3. Parámetros fundamentales de la ingeniería 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

2.3.1. 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 (km/h). Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

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

Dónde:

V = Velocidad (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de circulación (h)

Esta velocidad está bajo control del conductor, porque este es quien determina la distancia y también el tiempo en que se tarda en recorrer dicha distancia. El conductor puede ahorrar tiempo o puede desperdiciarlo.

Consideraciones generales

El estudio de las velocidades de los vehículos de motor puede ser tratado en dos categorías generales: estudios de velocidad de punto y estudios de tiempos de recorrido. Los estudios de velocidad de punto, tienen por objeto medir la distribución de velocidades de los vehículos en un tramo de carretera de longitud relativamente corta.

Los resultados se expresan normalmente como velocidades promedio.

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

Donde:

\bar{X} = Velocidad promedio (km/h)

ΣX = Suma de las velocidades observadas (km/h)

n = Número de observaciones

Los estudios del tiempo de recorrido, del congestionamiento de las rutas y los de velocidad a lo largo de ellas se asemejan en que las velocidades se determinan en una sección relativamente larga de la calle o la carretera, expresándose en términos de velocidad promedio.

$$\bar{X} = \frac{d*n}{0.277*\Sigma t}$$

Donde:

\bar{X} = Velocidad promedio (km/h)

d = Longitud de recorrido (m)

n = Número de observaciones

0.277 = Factor de conversión (m/seg. A km/h)

Σt = Suma de los tiempos de recorrido observados (seg.)

2.3.1.1. Tipos de Velocidad

2.3.1.1.1. Velocidad de punto

Se denomina velocidad de punto a aquella velocidad de los vehículos que recorren distancias relativamente pequeñas (25, 50, 70, 100 metros).

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Se presentan dificultades prácticas para la medición de la velocidad de punto ya que la misma por definición se presenta en un tramo de recorrido bastante corto, en la actualidad existen dispositivos de medición de tipo electrónicos y electromecánicos que facilitan su medición, como ser: tubos neumáticos transversales, radares Doppler, enescopios.

Viene dada por la siguiente expresión:

Donde:

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

V_p = velocidad de punto (Km/h)

D = Distancia de recorrido (Km)

T = Tiempo de circulación (h)

Para fines de estudio la distancia fija se debe elegir entre 25, 50, 75, 100 m.

2.3.1.1.2. Velocidad de recorrido total

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. Esta velocidad no es considerada para diseño porque puede ser muy variable en varios tramos de una carretera o en varias líneas de flujo en el área urbana. La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez de ciertas rutas, ya sea una con otra; o en todo caso en una misma ruta cuando se han realizado cambios para analizar los efectos.

La relación que se utiliza para determinar la velocidad de recorrido total es:

$$V_r = \frac{dr}{t_c + t_d}$$

Donde:

V_r = Velocidad de recorrido total (km/h)

dr = Distancia de recorrido (km)

t_c = Tiempo de circulación (h)

t_d = Tiempo de demoras (h)

2.3.1.1.3. Velocidad de crucero

Para un vehículo esta velocidad es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo de circulación. Para la obtención de esta velocidad no se realiza un aforo; desde el punto de vista conceptual la velocidad de crucero en condiciones ideales sería igual a la velocidad de punto; sin embargo, como no se trata de un flujo libre y está afectado por una serie de factores, es que es una velocidad menor que la velocidad de punto, y de modo contrario esta velocidad sería mayor a la velocidad de recorrido.

La velocidad de crucero viene expresada de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{dr}{tc}$$

Donde:

V_c = Velocidad de cruceo (km/h)

dr = Distancia de recorrido (km)

tc = Tiempo de circulación (h)

2.3.1.1.4. Velocidad directriz o de diseño

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación. La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es conveniente mantener constante la velocidad de proyecto, pero dadas las limitaciones topográficas que se puedan presentar, la velocidad de proyecto puede variar

2.3.1.1.5. Estudios de la velocidad

Un estudio de velocidad sirve para cuantificar la eficiencia de un sistema vial.

Estudio de velocidad de punto

Los estudios de la velocidad de punto se conducen para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, en lugares con problemas de velocidad en una localización especificada de una carretera. Un estudio de la velocidad de punto es realizado mediante la recolección de datos a través de una muestra de vehículos, es posible determinar si son muy altas y si las quejas recibidas, a este respecto, son justas. Las características de la velocidad identificadas por tal estudio serán válidas solamente para el tráfico y las condiciones ambientales que existen a la hora del estudio.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad, para establecer límites de velocidad, tanto máximo como mínima como también velocidad en curvas horizontales aproximadas en intersecciones, analizar zonas de protección para peatones en escuelas, colegios y universidades.

Un uso menos frecuente, pero importante, puede ser el del estudio de la relación de la velocidad asociada a detalles del proyecto, accidentes y otras características operacionales. En los estudios de velocidad de punto se registra la distribución de velocidades en una distancia corta, o sean las velocidades instantáneas.

Ubicación del estudio

La localización para los estudios de la velocidad de punto depende del uso anticipado de los resultados.

Los estudios de velocidad usualmente se llevan a cabo en los siguientes lugares:

En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.

En puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “PARE”.

En todas las arterias principales.

En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

Cuando un punto se está estudiando, es importante que los datos estén obtenidos imparcialmente. Para esto se requiere que los conductores sean inconscientes de que se está conduciendo tal estudio. El equipo usado se debe por lo tanto encubrir del conductor, y los observadores que conducen el estudio deben ser discretos. La ubicación del sitio para el estudio depende, hasta cierto punto, del tipo de equipo utilizado. Si las velocidades van a tomarse con cronometro usando un mínimo de equipo, es necesario que la sección se encuentre en tangente. Es también conveniente planear el estudio de manera que el observador pueda ver los vehículos que se aproximan, sin ser visto por los conductores.

Los estudios de velocidad de punto se aplican para:

Determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en un tramo especificado.

Determinar la relación entre accidentes y velocidad que pueda ayudar a tomar medidas de corrección para evitar accidentes.

Determinar longitudes en zonas de rebase prohibido.

Localizar y definir los tiempos de semaforización

Evaluar los resultados de algún cambio efectuado en las condiciones y controles de tránsito existentes.

Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.

Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

Estudio de velocidad de recorrido

Para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras.

Los estudios de velocidad de recorrido y las demoras del transporte público sirven para evaluar la calidad del servicio a lo largo de sus rutas, para así determinar la ubicación, tipo y duración de las demoras.

En este tipo de estudios juega un rol importante el tiempo total de recorrido en el que, como ya se definió anteriormente, incluye las demoras debidas al tránsito.

2.3.2. Volúmenes de tráfico

2.3.2.1. Definición de volumen de tráfico

Se denomina volumen de tráfico al número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal del carril de circulación, ya sea de una carretera o de una calle, en un periodo de tiempo determinado, siendo los periodos de tiempo más usados los de un día y una hora.

En función de los periodos de tiempo se establecen diferentes tipos de medición de volúmenes de tráfico, los más empleados son:

Tráfico Promedio Diario (T.P.D.)

Tráfico Promedio Horario (T.P.H.)

Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario como el número total de vehículos que pasan por una sección longitudinal de una calle o carretera en el tiempo de un día, este es un valor importante como valor referencial debido a que nos muestra las variaciones horarias dentro del día.

Volúmenes de tránsito horarios

Es la cantidad de vehículos que son registrados en una sección longitudinal de una calle o carretera en el periodo de tiempo de una hora. Este valor es mucho más representativo y significativo para el estudio de tráfico ya que nos muestra las variaciones horarias; pudiendo obtenerse las horas pico o críticas.

Se ha establecido de acuerdo a investigaciones que la relación entre el T.P.D. y el T.P.H. es más o menos la siguiente:

$$\text{T.P.H.} = 12 - 15 \% \text{ T.P.D.}$$

Volumen directriz

Este se crea como una necesidad de no poder utilizar ni el T.P.D. máximo ni el T.P.H. máximo como valores de diseño, ya que es evidente que una vía debe ser diseñada o proyectada con capacidad suficiente para absorber todo el tráfico que circule por ella, pero no es lógico ni económico proyectarla para un volumen máximo que se produce muy pocas veces al año; es así que el volumen directriz es obtenido de un ordenamiento descendiente de los volúmenes máximos horarios registrados a lo largo de los 365 días del año. Este valor del volumen trigésimo se considera como un volumen en el cual tendrá un 80% de las horas del volumen en la calle o carretera determinada.

2.3.2.2. Características de volumen

Los volúmenes de tránsito cambian, tanto en el espacio como en el tiempo. Estas variaciones son determinantes críticos de cómo se utilizan las infraestructuras de un camino y controlan muchos de los requerimientos de planeación y diseño para servir adecuadamente la demanda de tráfico.

Debido a que el volumen de tránsito no está distribuido equitativamente a lo largo del día, las infraestructuras a menudo se diseñan para las máximas demandas que ocurren en periodos tan cortos como 15 minutos o una hora. Durante otros periodos de tiempo, los caminos son a menudo sub utilizados. Similarmente, el tráfico no se distribuye equitativamente sobre los carriles disponibles o direcciones de una infraestructura dada. La demanda de tránsito varía por mes del año, por día de la semana, por hora del día y por intervalos de sub-hora, dentro de una hora. Las variaciones por época o mensuales en la demanda de tránsito se reflejan según la actividad social y económica del área servida. La variación diaria de volúmenes por día de la semana también está relacionada con el tipo de camino. Los volúmenes de fin de semana son generalmente menores que los volúmenes de entre semana. El volumen horario máximo, en las tardes, es generalmente más intenso que el máximo de la mañana.

2.3.2.3. Composición del volumen de tráfico

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en período de tiempos definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículos que circulen en ese período de tiempos.

Una composición casi del tipo universal es la que subdivide en automóviles, camiones, autobuses, motocicletas y bicicletas, entendiéndose por automóviles a todos aquellos que generalmente están compuestos por dos ejes y cuatro ruedas como los autos, jeep y camionetas pequeñas.

En el tipo de camiones se tendrá los pequeños, medianos y grandes, diferenciándose por la capacidad de carga que tiene este tipo de vehículos. Generalmente los autobuses

representados por livianos y pesados diferenciándose por la capacidad de pasajeros que puedan transportar este tipo de vehículos.

2.3.2.4. Estudios de volúmenes de tráfico

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas, sobre puntos o secciones específicas, dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan en relación con el tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de métodos que permitan ofrecer soluciones.

El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se le vaya a dar a los mismos. Así, por ejemplo, algunos estudios requieren detalles como la composición de vehículos y los movimientos direccionales, mientras que otros sólo exigen conocer los volúmenes totales.

También, en algunos casos es necesario aforar durante periodos cortos de una hora, otras veces el periodo puede ser de un día, de una semana o de un mes, inclusive de un año. Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, como éstas: aforos manuales a cargo de personas, o aforos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos.

Obtención de volúmenes de tráfico

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, o entran a una intersección. Dichos aforos son muestras de los volúmenes actuales. El periodo de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos y una semana o más.

Métodos de aforo

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

El registro automático debe ser 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

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.

Conteos manuales

Este tipo de conteo utiliza observaciones de campo para obtener datos de volumen que no pueden ser recolectados por contadores mecánicos. Para el tránsito ligero, las observaciones son registradas por contadores manuales y anotadas en hojas preparadas para datos de campo. Con los conteos manuales se determinan:

Los movimientos de vuelta

La clasificación vehicular

Los conteos peatonales

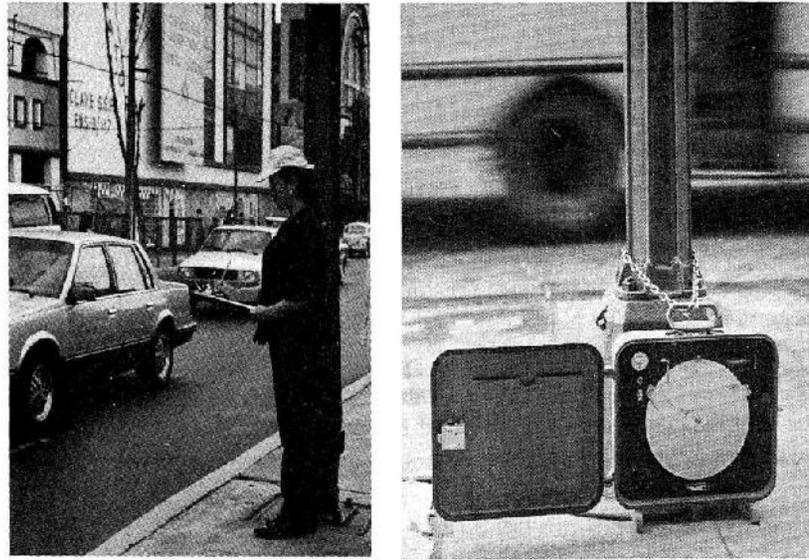
Los volúmenes de tránsito nunca deben considerarse como estáticos y, por lo tanto, los volúmenes de tránsito sólo son precisos para el momento del conteo.

Los contadores deben colocarse perpendiculares a la trayectoria de los vehículos, para evitar conteos de más.

Periodos de aforo

Los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana del lunes y la hora de máxima demanda del viernes, comúnmente mostrarán volúmenes mayores que los demás días de la semana.

Figura 2.6 Técnicas manuales y automáticas de aforos vehiculares



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

2.3.3. Densidad de tráfico

Se define la concentración o densidad de tráfico como el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado. Por lo general, se expresa en unidades de vehículos por kilómetro (veh/km).

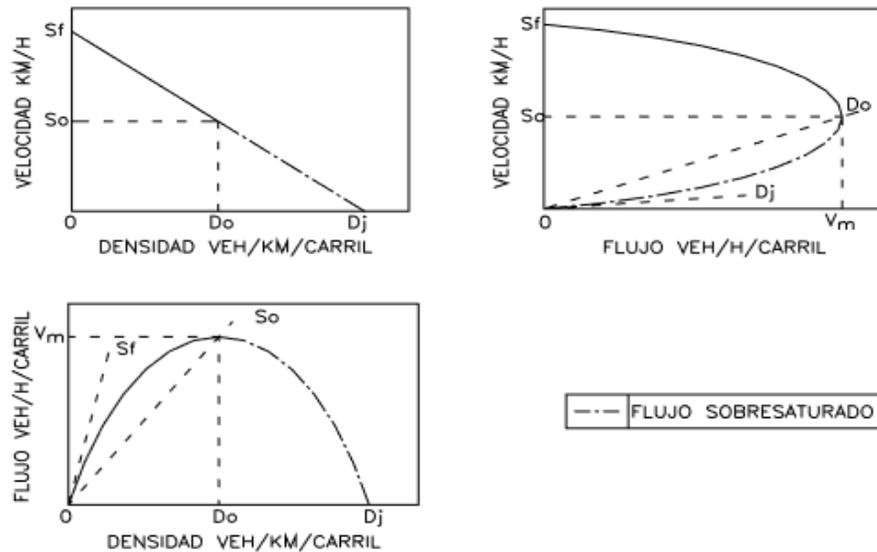
Se puede medir la densidad de tráfico de un tramo de una vía con la ayuda de una fotografía aérea o mediante un dron, en la cual se contaría fácilmente las cantidades de vehículos en las vías; también es posible calcular la densidad en función de la intensidad y velocidad.

Está claro que cualquier tramo de vía tiene una densidad máxima, esta situación se da cuando los vehículos están totalmente parados y sin espacios de separación entre ellos; por lo tanto, si se tuviera en el tramo vehículos de una misma longitud, entonces, la densidad o concentración máxima se obtendría como el inverso de la longitud del vehículo.

2.3.4. Relación entre los tres parámetros básicos

Existen tres gráficos que relacionan los principales parámetros, el gráfico de velocidad – densidad, el de velocidad – volumen y el de volumen – densidad.

Figura 2.7 Relación entre los tres parámetros básicos



Fuente: Aplicación del manual de capacidad de carreteras (HCM) versión 2,000, para la evaluación del Nivel de Servicio de carreteras de dos carriles, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil

La forma de estos gráficos depende del tránsito prevaleciente y las condiciones de la carretera del segmento bajo estudio. Las curvas ilustran varios puntos significantes. Primero, un volumen cero que ocurre en dos diferentes condiciones. Una es cuando no hay vehículos en la carretera, la densidad es cero y el volumen es cero. La velocidad es teórica para esta condición (S_f) y es seleccionada del primer conductor (presuntamente el valor más alto). La segunda es cuando la densidad llega a ser tan alta que los vehículos deben parar, la velocidad es cero y el volumen es cero. La densidad a la cual todo movimiento se detiene es llamada densidad de embotellamiento (D_j). Entre estos dos puntos extremos, la dinámica del tránsito produce un efecto maximizado. Como el volumen incrementa de cero, la densidad también incrementa mientras más vehículos hay en la carretera. Cuando esto pasa, la velocidad declina por la interacción de vehículos. Esta declinación es insignificante en una densidad y un volumen bajo o medio. Como la densidad incrementa, la curva sugiere que la velocidad decrece significativamente antes que la capacidad sea alcanzada. La capacidad es alcanzada cuando el producto de la densidad y la velocidad resultan en el máximo volumen. Esta condición se muestra como velocidad óptima S_o (velocidad crítica), densidad óptima D_o (densidad crítica) y máximo

volumen V_m . La gráfica de velocidad - densidad es usada mayormente para trabajos teóricos, y las otras dos gráficas son usadas para definir el nivel de servicio.

2.4. Capacidad vehicular

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

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

La capacidad de un camino es tan variable como las variables físicas de la carretera. Por esta razón los análisis de capacidad de una carretera se consideran tomando diversas partes de la misma como un tramo recto, un tramo con curvas continuas, un tramo con pendientes

2.4.1 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 Interrumpidas

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

Se consideran vías interrumpidas 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.

2.4.2. 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

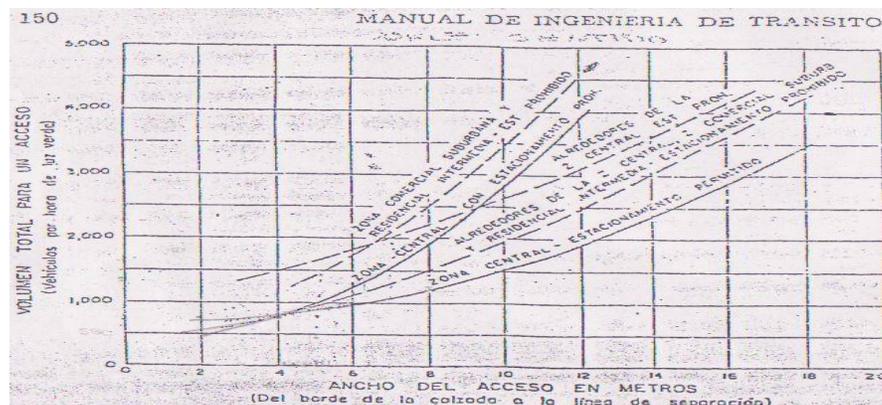
Se ha establecido a partir de varios estudios que se han desarrollado en varios tipos de intersecciones tomando en cuenta dos factores esenciales: el ancho del acceso y las características funcionales.

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 éste 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 2.8 Abaco del manual de ingeniería de tránsito



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

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 ómnibuses 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.

$$C_{\text{Prac}} = C_{\text{Teórica}} * 0.9$$

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.

$$C_{\text{Real}} = C_{\text{Prac}} * f_{\text{Vp}} * f_{\text{GI}} * f_{\text{GD}} * f_{\text{p}}$$

Donde:

f_{Vp} = Factor de vehículos pesados

f_{GI} = Factor por giro izquierdo

f_{GD} = Factor por giro derecho

f_{p} = Factor por paradas

2.5. Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa del efecto que pueden tener en la capacidad muchos factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobras, la seguridad, los costos de operación, etc.

A cada nivel de servicio corresponde un volumen de servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel.

De los factores que afectan el nivel de servicio distinguimos los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tráfico, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas tales como la anchura de carriles, la distancia libre lateral, la anchura de hombreras, las pendientes, etc.

Los estudios realizados por la Junta de Investigación Vial de los Estados Unidos fijan seis niveles, los cuales son aplicados por el Servicio Nacional de Caminos de Bolivia, dichos niveles son:

Nivel de servicio A

Condiciones de flujo libre, con bajos volúmenes y altas velocidades. Hay poca o nula limitación de maniobras por la presencia de otros vehículos y puede conservarse la velocidad deseada con pocos o nulos retardos.

Figura 2.9 Nivel de servicio A

**NIVEL DE SERVICIO A**

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio B

Condiciones de flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tráfico. Los conductores tienen una razonable libertad para seleccionar su velocidad y su carril. El límite menor de velocidad con mayor volumen en este nivel de servicio se relaciona con los volúmenes de servicio usados en el proyecto de carreteras.

Figura 2.10 Nivel de servicio B

**NIVEL DE SERVICIO B**

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio C

Corresponde aun a un flujo estable, pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringidas su libertad de elegir la velocidad, cambiar de carriles o rebasar. Aún se obtiene una relativamente satisfactoria velocidad de operación, con volúmenes de servicio quizás apropiados para el proyecto de arterias urbanas.

Figura 2.11 Nivel de servicio C



NIVEL DE SERVICIO C

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio D

Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

Figura 2.12 Nivel de servicio D



NIVEL DE SERVICIO D

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio E

Representa una operación a menores velocidades que en el nivel de servicio D, con volúmenes que se acercan, a la capacidad del tramo. Al llegar a ésta, las velocidades, normalmente pero no siempre, son de cerca de 50 Km/h. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de duración momentánea.

Figura 2.13 Nivel de servicio E



NIVEL DE SERVICIO E

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio F

Se refiere a un flujo que opera forzado, a bajas velocidades, donde los volúmenes son menores que los correspondientes a la capacidad. Estas condiciones resultan de las colas de vehículos producidas por alguna obstrucción en la corriente. Las velocidades se reducen considerablemente y pueden ocurrir paradas, cortas o largas, debido al congestionamiento. En casos extremos, la velocidad y el volumen pueden tener valor cero

Figura 2.14 Nivel de servicio F



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ - 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Determinación del 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 para calcular el nivel de servicio.

Tabla 2.4 Nivel de servicio

V/C	Nivel de servicio
> 0,1	A
> 0,3	B
> 0,5	C
> 0,7	D
> 0,9	E
> 1	F

Fuente: Materia ingeniería de tráfico - CIV 611

2.6. 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.

2.6.2. 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.

Señalización vertical: Es aquella que está colocada en postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados.

Señalización horizontal: Consiste en marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy poco de este pavimento.

2.6.2.1. Señalización vertical

Por su significado, las señales verticales se clasifican en tres grupos, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos.

Restrictivas

Preventivas

Informativas

Significado de formas y colores

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. Las formas de las señales son circulares, cuadradas y rectangulares y sus colores son rojo, amarillo, azul y verde.

Las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales restrictivas. Las señales de pare y ceda el paso son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

Figura 2.15 Forma y color de señal restrictiva



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil

Las señales compuestas básicamente por un cuadrado amarillo en forma de rombo, significan una prevención y pertenecen al grupo de las señales preventivas.

Figura 2.16 Forma y color de señal preventivas



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil

Las señales compuestas por un rectángulo significan una información y pertenecen al grupo de las señales informativas. Estas señales tienen dos colores básicos; el color azul que significa información general y el color blanco o verde que significa información de identificación y destinos de las carreteras.

Figura 2.17 Forma y color de señal informativa



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil

2.6.2.1.1. Señales restrictivas

Se dividen en señales de advertencia y/o peligro, de restricción y prohibición e indican órdenes, limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Su cumplimiento es obligatorio e inexcusable.

Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito y también para instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso, en el lugar en que estén ubicadas.

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

Las señales de reglamentación tienen un fondo de color blanco y franja roja. Cuando están atravesadas por una banda diagonal, prohíben. Cuando no, obligan o restringen.

Las señales restrictivas están enmarcadas en placas rectangulares de fondo blanco de 60 cm. * 90 cm., excepto las señales de “pare” y “ceda el paso”.

Figura 2.18 Señales restrictivas



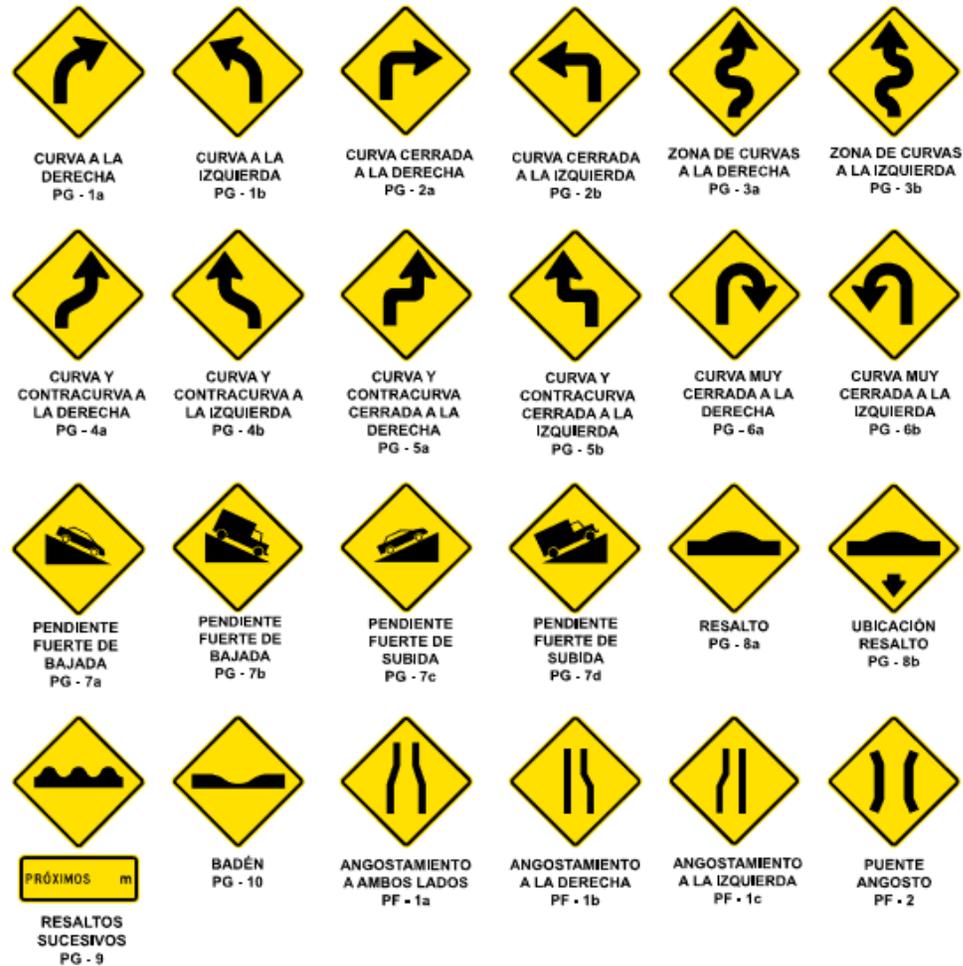
Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

2.6.2.1.2. Señales preventivas

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

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

Figura 2.19 Señales preventivas



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

2.6.2.1.3. Señales informativas

Este tipo de señales verticales no transmiten órdenes ni previenen sobre irregularidades o riesgo en la vía pública y carecen de consecuencias jurídicas.

Están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero. Se colocan al costado de la vía de circulación (verticales) en forma similar a las preventivas en zona rural.

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

Las señales informativas se clasifican en tres grupos que son:

Señales de Identificación

Señales de Destino

Señales de Servicios

Figura 2.20 Señales informativas



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

Ubicación longitudinal de las señales

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

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

Las distancias que se recomiendan son:

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

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

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

Las señales informativas de servicio tienen las siguientes ubicaciones:

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

2.6.2.2. Señalización horizontal

2.6.2.2.1. Marcas en el pavimento

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

2.6.2.2.2. Clasificación

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

Rayas centrales

Rayas limitadoras de la calzada

Rayas separadoras de carriles

Rayas de parada

Rayas de cruces para peatones

Rayas de aproximación a obstáculos

Marcas en cruces de ferrocarril

Marcas de estacionamiento permitido

Marcas de estacionamiento prohibido

Marcas indicadoras de peligro

Postes delineadores

2.6.2.2.3. Significado de formas y colores

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes:

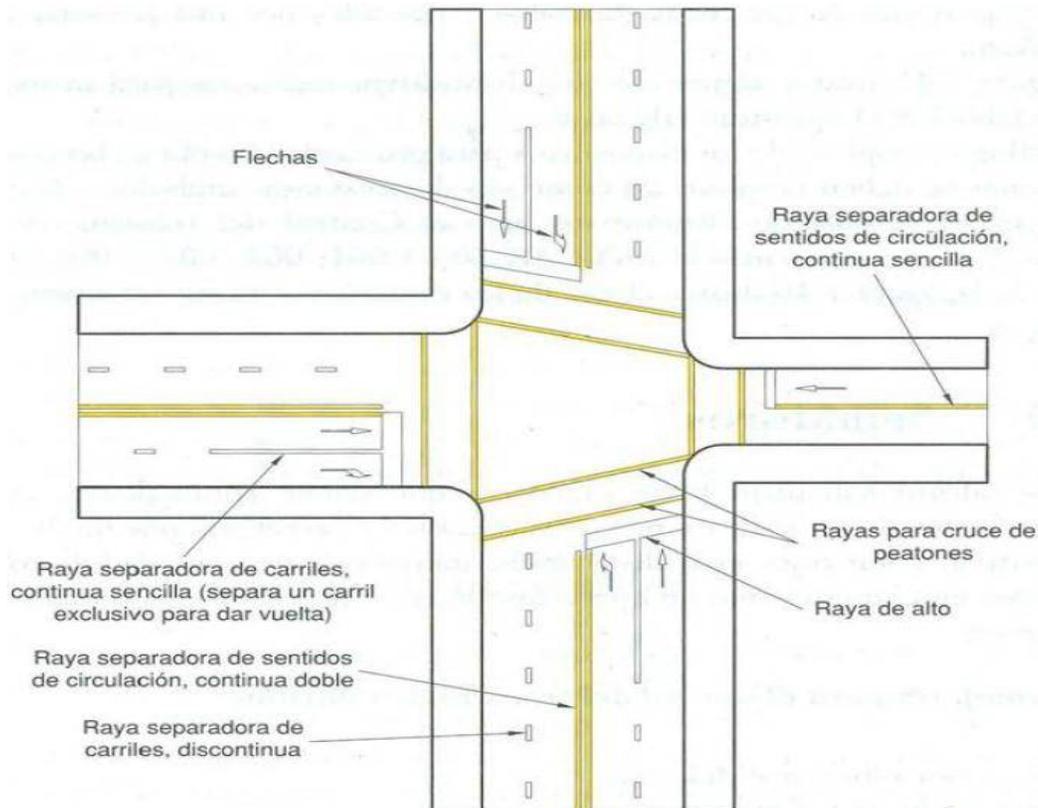
Prohibición, Indicación y Peligro

Las rayas de color amarillo pintadas sobre el pavimento en forma continua, significan una prohibición; ningún vehículo deberá rebasar o cruzar estas rayas.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en caso de adelantamiento o cambio de carril, debiendo abstenerse de rebasar o cruzar las rayas continuas, excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada, indicando una precaución.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma oblicua significan peligro. Los vehículos podrán continuar su marcha, pero el conductor deberá tomar precaución para detectar el peligro existente que se aproxima.

Figura 2.21 Ejemplo de señal horizontal



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas

2.7. Semáforos

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas. Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

La finalidad de los semáforos es detener y dar vía libre a vehículos y peatones a diferentes tiempos y en diferentes direcciones.

2.7.1. Clasificación

Los semáforos se clasifican por su función en tres grupos principales:

Semáforos para tránsito de vehículos

Semáforos para paso de peatones

Semáforos en cruces de trenes

Significado de los colores

Los tres colores que se utilizan en los semáforos son:

Rojo (Luz superior)

Amarillo (Luz central)

Verde (Luz inferior)

Figura 2.22 Tipos de semáforos



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV-326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil

El color rojo significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz roja deberán detenerse y esperar que la luz cambie a color verde antes de proseguir su marcha.

El color verde significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz verde pueden continuar su marcha sin detenerse.

El color amarillo significa precaución y está prendido durante unos segundos de transición entre la luz verde y roja.

La luz amarilla indica a los conductores y peatones que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto que vehículos y peatones deberán detenerse.

Al encenderse la luz amarilla, el conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente y si esto no fuera posible podrá seguir su marcha siempre y cuando la luz roja no se hubiera encendido todavía.

2.7.1.1. Semáforos para tránsito de vehículos

Los semáforos que controlan la circulación del tránsito de vehículos pueden ser fijos o variables. Los semáforos fijos son aquellos cuyas luces no cambian de color, en cambio, los semáforos variables son aquellos cuyas luces cambian de color.

Semáforos fijos

Los semáforos fijos constan de una luz intermitente de color amarillo o de color rojo.

El color amarillo intermitente en una intersección o en un tramo de camino significa que los vehículos deberán circular con suma precaución.

El color rojo intermitente en una intersección significa que los vehículos deberán detenerse antes de entrar en la intersección o cruce de caminos y el conductor actuara igual que al encontrarse con una señal de PARE, esto es, cediendo el paso a los vehículos que se aproximan por ambos lados de la intersección.

Semáforos variables

Los semáforos variables pueden ser simples o compuestos y sus luces cambian de color rojo a verde y de verde a amarillo y rojo.

Los semáforos simples tienen solamente tres luces, de color rojo, amarillo y verde, cuyo significado se explicó anteriormente.

Los semáforos compuestos constan principalmente de un semáforo simple con luces adicionales consistentes en flechas de color verde que señalan direcciones diferentes. Estas flechas tienen por objeto permitir el paso del tráfico en ciertas direcciones al mismo tiempo que la luz roja del semáforo está encendida. En este caso las flechas constituyen excepciones a la prohibición que señala la luz roja.

Los conductores de los vehículos que tengan vía libre mediante una luz o flecha verde y tengan que efectuar un giro en una intersección donde exista un paso para peatones, deberán dar paso a éstos mientras el semáforo de peatones indique paso libre.

2.7.1.2. Semáforos para paso de peatones

Los semáforos que controlan el paso de peatones son de forma rectangular y tienen dos luces solamente. En la parte superior tienen escrita la palabra alto de color rojo, que prohíbe a los peatones cruzar la calzada y en la parte inferior tienen escrita la palabra siga de color verde, que les permite cruzar la calzada.

Figura 2.23 Semáforo para paso de peatones



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil

2.9. Transporte público y congestionamiento

2.9.1. Transporte público

Se entiende por transporte público a la forma, manera en que se genera un movimiento principalmente de pasajeros en recorridos establecidos urbanos y sub urbanos e inter urbanos.

Una ciudad densa y de uso mixto favorece al transporte público porque aumenta la demanda de autobuses o de otros tipos de vehículos. Día a día cientos de personas hacen uso del transporte público para trasladarse desde sus domicilios hasta sus lugares de destino (centros de trabajo, escuelas, universidad, mercado, etc.).

El transporte público es una de las áreas de trabajo más importantes en la ciudad de Tarija, a medida que la ciudad fue creciendo en cuanto a su población también fue creciendo la necesidad de tener más vehículos en cuanto se refiere al transporte público y de esta manera dar mayores alternativas de origen y destino a la población.

En nuestra ciudad el transporte público está integrado por sindicatos que son afiliados al auto transporte sindicalizado y por cooperativas que están afiliadas al auto transporte libre, por lo que mediante estos sindicatos y cooperativas se crearon las diferentes líneas de transporte urbano.

El transporte público es la necesidad de toda la población por lo que este estudio se lo hará de tal manera que beneficie al usuario (relacionado con peatones y conductores) al vehículo y a la vialidad, pero se tomará primordial atención a peatones y conductores que deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de ser controlados y guiados en forma apropiada.

Sin embargo, la demanda de transporte público tiene enormes variaciones temporales y espaciales (origen-destino) que lo hacen competitivo solamente en las situaciones en que la demanda sea alta.

2.9.2. Modalidades del transporte público urbano

Transporte público es un término genérico que se usa para describir todos y cada uno de los servicios disponibles para todos los usuarios, por lo tanto, no es una sola modalidad sino una variedad de modalidades y servicios tradicionales o innovadores que deben complementarse entre sí para suministrar movilidad entre en todo el sistema.

Refiriéndose al tema exclusivo de las modalidades de transporte público que existen en nuestra ciudad desarrollaremos los siguientes.

Modalidad de micros

Los micros son prácticos y eficientes en rutas de corta y media distancia, siendo frecuentemente el medio de transporte más usado a nivel de transportes públicos, por constituir una opción económica.

Las compañías de transporte buscan, establecer una ruta basada en un número aproximado de pasajeros en el área a ser tomada.

Este tipo de modalidad que circula en la ciudad, ofrece mayores ventajas como ser capacidad, comodidad y seguridad, por su ergonomía, antropometría de diseño y distribución de espacios internos relacionado con los taxis trufis.

Este tipo de transporte colectivo es el más económico, con capacidad para 22 pasajeros, tienen rutas fijas y tarifas definidas. En la ciudad de Tarija se tiene cuatro asociaciones de transporte público de la modalidad de micros cada una con un número determinada de unidades las cuales se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.5 Asociaciones de sindicatos de micros en la ciudad de Tarija

Asociación de transporte
Sindicato Luis de Fuentes
Sindicato La Tablada
Cooperativa Tarija
Cooperativa Virgen de Chaguaya

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.24 Modalidad de micro



Fuente: Elaboración propia

Modalidad taxi trufi

Otro sistema que da buenos resultados por las elevadas tasas de ocupación alcanzadas en el taxi trufi, es un vehículo automotor de baja capacidad, destinado al traslado de personas o usuarios en materia de transporte público, cuya capacidad oscila entre 6 a 8 pasajeros, al igual que los micros tienen rutas y tarifas definidas.

En la ciudad de Tarija se tiene cuatro asociaciones de taxi trufis que hacen servicio a las diferentes zonas y barrios de la ciudad y son las siguientes:

Tabla 2.6 Asociaciones de taxi trufis en la ciudad de Tarija

Asociación de transporte
Asociación 26 de Marzo
Asociación El Chapaco
Cooperativa Vecinal
Full móvil Sin Frontera

Fuente: Elaboración propia

Figura 2.25 Modalidad de taxi trufis



Fuente: Elaboración propia

Modalidad radio taxi

El radio taxi individualmente considerado es un medio de transporte eficaz para recorridos muy específicos que puede ser solicitado por teléfono o ser tomado directamente en la

calle y se distingue por un letrero luminoso en el techo del auto, situación difícil de cubrir eficazmente con el transporte público. Debido a su gran flexibilidad y para determinadas tareas o trabajos donde se deben transportar objetos pesados, personas con problemas de movilidad, o cuando resulta necesaria una mayor rapidez, urgencias hospitalarias, este es el medio más adecuado y el que mejor servicio ofrece.

Pero cuando toda esa potencialidad propia del taxi se despilfarra en usos o trayectos en los que no es necesario se produce el efecto contrario: bajas velocidades debidas a la congestión, e impactos negativos de una gran repercusión sobre todos los habitantes. Si el empleo del automóvil se produce para trayectos rutinarios con una gran demanda de población, deja de ser eficaz para convertirse en un problema tanto para los propios automovilistas, que ven disminuida la calidad de servicio, como para el resto de usuarios de otros medios que se ven injustamente perjudicados.

Figura 2.26 Modalidad de taxi



Fuente: Elaboración propia

2.9.3. Características funcionales del transporte público

2.9.3.1. Velocidad

La velocidad quizás sea la característica que más atrae al viajero hacia un medio de transporte, y que más claramente califica la eficacia de ese medio para los viajes urbanos.

Las principales causas de las bajas velocidades son el congestionamiento de las vías y las paradas para el ascenso y descenso de pasajeros, como también las características de las carreteras, tales como anchura, pendiente, curvas y superficie.

Otros factores que afectan a la velocidad de operación del transporte público es la baja cultura vial de los usuarios de vía pública que cruzan en lugares indebidos y no respetan las paradas para subir o bajar de vehículos de transporte público, así mismo el uso excesivo de estacionamientos en vialidades donde se requiere de una mayor oferta vial y que esta se reduce por el estacionamiento de la vía pública.

La velocidad es una variable que influye en los costos de operación del transporte público, existen muchas clasificaciones de velocidad como ser; velocidad general, velocidad de punto, velocidad de recorrido, velocidad de marcha y velocidad de proyecto.

2.9.3.2. Capacidad

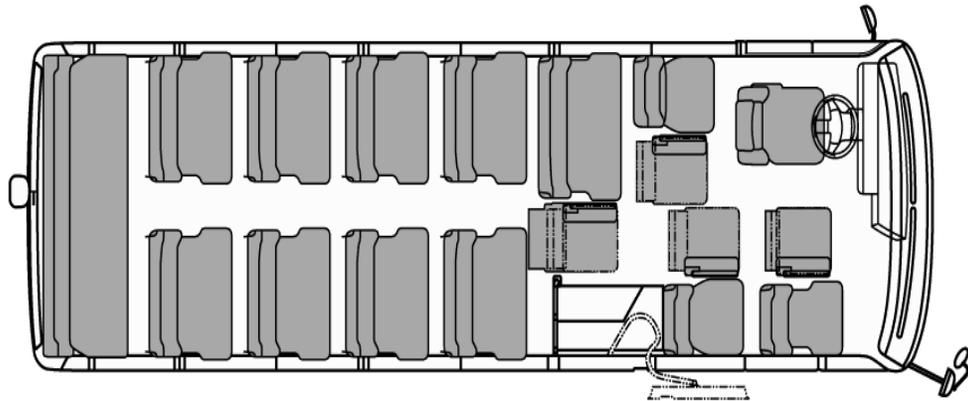
La capacidad de una línea de transporte público depende, entre otros factores, de las dimensiones de los vehículos, frecuencia, velocidad y grado admisible de ocupación.

Si la línea de transporte tiene infraestructura independiente o circula por un carril reservado en la vía pública con otros vehículos, las cifras que pueden darse son poco consistentes.

En líneas de micros y taxi trufis, la capacidad varía mucho con la congestión, tipo de calle, tipo de señalización, etc. En cuanto a la capacidad de los micros, varía entre 21 y 23 pasajeros sentados, y en el taxi trufi 7 pasajeros ya que en su mayoría los vehículos que hacen servicio en esta modalidad son llamados Toyota ipsum.

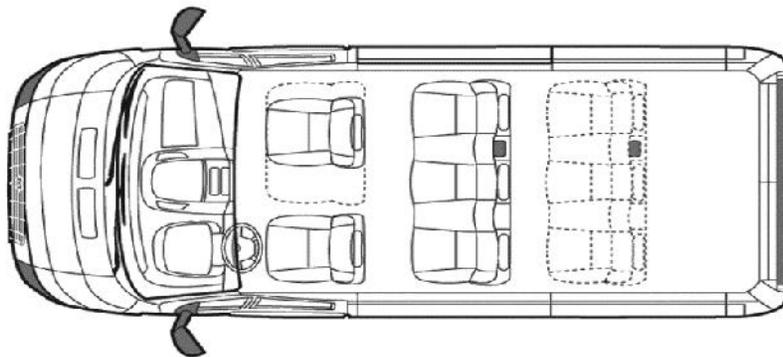
Figura 2.27 Números de asientos micros





Fuente: <https://es.wikipedia.org/sindicatos de Tarija>

Figura 2.28 Números de asientos taxi trufi



Fuente: <https://es.wikipedia.org/sindicatos de Tarija>

2.9.3.3. Frecuencia y regularidad

Las frecuencias y regularidad en líneas de transporte colectivo son también índices muy representativos de la calidad del servicio. La frecuencia en las horas punta está ligada a la capacidad, pero fuera de estas horas es relativamente independiente de esta característica del servicio.

La falta de regularidad es uno de los inconvenientes más fundamentales y más frecuentes de un servicio de transporte público. La irregularidad del servicio puede ser debida a la congestión existente en determinados tramos o la variedad de destinos.

2.9.3.4. Comodidad

La comodidad de los sistemas de transporte público dependen en gran medida de la accesibilidad externa, aunque la comodidad no sea un factor decisivo en la elección del transporte público por parte de los clientes, resulta esencial optimizar los puntos de espera (incluyendo los accesos a los mismos, tanto para peatones como para que el autobús pueda parar sin interrumpir la circulación ni poner en riesgo la seguridad), con el objetivo de que sean funcionales y agradables.

En el interior de los vehículos es difícil establecer la proporción de plazas sentadas, pero hay que tener en cuenta que en las horas pico los viajeros prefieren ir de pie a esperar más tiempo.

2.9.3.5. Costo

Aunque desde el punto de vista de la atracción de viajeros, la tarifa, dentro de los niveles normales, no sea un elemento decisivo es fundamental que la explotación se realice de la forma más económica posible. La rentabilidad puede deducirse del costo total necesario para producir una unidad de viajero-km, siendo esencial conocer cómo se reparte este costo entre gastos fijos y gastos proporcionales a las prestaciones.

La notable desproporción, que suele presentarse en el transporte público urbano, entre la demanda en los periodos de punta y el resto del día, obliga en general a unos gastos fijos altos.

En nuestra ciudad el costo de tarifas se ha mantenido desde hace muchos años cuyos costos son: 1.5 bs, taxi trufi 2 bs.

2.10. Congestionamiento

La congestión de tránsito ha ido en aumento en gran parte del mundo, desarrollado o no, y todo indica que seguirá agravándose, constituyendo un cierto peligro sobre la calidad de vida urbana. El explosivo incremento del parque auto motor y el indiscriminado deseo de usarlos, por razones de comodidad o estatus, especialmente en los países en desarrollo, ejercen una gran y creciente presión sobre la capacidad de las vías públicas existentes.

Los fuertes impactos de la congestión, tanto inmediatos como de largo plazo, exigen esfuerzos multidisciplinario para mantenerla bajo control, mediante el diseño de políticas y medias apropiadas.

El control de la congestión forma parte de la elaboración de una visión estratégica de largo plazo del desarrollo de una ciudad, que permita contabilizar, la movilidad y el crecimiento, con la calidad de vida.

Definición

Técnicamente, congestión de tránsito es la situación que se crea cuando el volumen de demanda de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos.

Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente lo que impide que los usuarios de una vía puedan circular por ella cómodamente y sin demoras excesivas.

Cuando el volumen de demanda empieza a rebalsar el volumen máximo posible, la congestión se inicia en el punto de “embotellamiento”, es decir comienza el fenómeno de la congestión, comúnmente en horarios pico.

Figura 2.29 Congestionamiento vehicular



Fuente: Elaboración propia

Congestión en vías de circulación continua

En estas vías los únicos regímenes estables son los de flujo libre y flujo restringido

Cuando ocurre el régimen de flujo forzado, la mayor parte de los vehículos van en pelotones, cualquier breve y pequeño aumento de la demanda o disminución del volumen máximo posible puede causar congestión, que comienza por lo que se llama un colapso de la circulación, y sucede en la forma siguiente.

Al superar la demanda de tránsito a la oferta en una línea transversal del carril, carriles o calzada considerada, no pueden pasar por la línea todos los vehículos que llegan a ella y en términos macroscópicos podemos decir que hay acumulación de vehículos que posiblemente eleven la densidad por encima de la densidad crítica inmediatamente corriente arriba de la línea

Entonces es cuando ocurre el colapso y se cae en el flujo congestionado, donde un aumento de densidad causa una disminución de volumen posible, que a su vez hace acumular más vehículos, lo que aumenta aún más la densidad y la situación se sigue agravando con colas de vehículos fijas o intermitentes que se propagan corriente arriba.

Aunque el exceso de demanda que provocó el colapso haya sido muy breve, es posible que sus consecuencias persistan durante un tiempo considerable.

En cambio, por la sección transversal considerada los vehículos siguen circulando (aunque a menores velocidades), mientras que la perturbación sigue su curso corriente arriba hasta que disminuya la demanda o alcance un tramo de vía que permita volúmenes máximos suficientemente grandes, siempre que la causa que provocara el colapso haya desaparecido.

Congestión en vías de circulación discontinua

La congestión en estas vías ocurre en forma distinta a como sucede en las vías de circulación continua.

En primer lugar, los cambios de velocidad y detenciones son parte de la circulación normal, y no causan colapso alguno. Desde ese punto de vista su funcionamiento es más estable y previsible.

En segundo lugar, la existencia de espacio para albergar vehículos detenidos sin que estos impidan o estorben la circulación de otros es un factor importante.

En tercer lugar, el papel de la regulación del tránsito especialmente por medio de semáforos, es fundamental.

El congestionamiento está ligado a tres factores fundamentales que son:

Restricción de maniobras

Reducción de velocidad

Incrementos de los tiempos de demoras

Restricción en las maniobras

Se refiere a la dificultad que se presenta para la realización de movimientos o maniobras dentro del flujo vehicular, tales movimientos como ser giros a la izquierda, giros a la derecha sobre paso, ingresos a un estacionamiento, salidas de un estacionamiento, etc.

El congestionamiento evitaría la realización de las maniobras por tanto bajaría el nivel de servicio de la calle o carretera y obligaría a una circulación forzada.

Reducción de velocidad

Otro factor que involucra el congestionamiento es la reducción de velocidad de circulación es decir que cuanto mayor congestionamiento existe se irán disminuyendo las velocidades, el cual irán en perjuicio de los costos de operación y de los tiempos de recorrido.

Incrementos de los tiempos de demoras

Este factor también se relaciona con el congestionamiento ya que a medida que aumenta este habrá mayor tiempo de vehículos detenidos comparados con los tiempos de circulación o movimiento.

2.10.1. Causas del congestionamiento

La generación de congestión se vuelve más probable ante la presencia de causas que dependen del contexto en el que se encuentren, en el caso de la zona de estudio, se pueden identificar algunos factores que sobresalen usualmente.

Cultura del conductor

Este factor se centra en la actitud, costumbres y forma de pensar incorrectos de los conductores, lo cual viene reflejado en las acciones que tienen en la vía pública, las cuales perjudican a la población que hace uso de estas vías.

Entre las distintas actitudes de los conductores, existen algunas que son causas de congestión en la vía en la que se encuentran, entre ellas se tiene:

Estacionamientos improvisados

Los estacionamientos improvisados se dan generalmente en los carriles contiguos al borde a la calzada, los cuales son usados por varias horas generando un angostamiento en la vía, lo cual genera una caída en la velocidad de operación de los vehículos en la zona afectada y con esto, un aumento en la probabilidad de formación de colas y posteriores congestiones.

Imprudencia al conducir

Un factor alejado, pero no menos importante, es las imprudencias de los conductores, los cuales suelen ser temerarios e irrespetuosos de las normas de tránsito, efectuando acciones como giros inesperados, cambios de carril súbitos y maniobras peligrosas en zonas de poca velocidad, lo cual obliga a los vehículos colindantes a disminuir su velocidad, detenerse súbitamente, o en el peor de los casos, no poder evitar un impacto con el vehículo negligente.

Cantidad de vehículos

Uno de los principales factores de congestión es el aumento de número de vehículos, en nuestro país el aumento drástico generado por la desregularización del transporte público y libre importación de vehículos usados y nuevos en el año 1990 fue el inicio del aumento de número de vehículos en circulación seguida de la actual demanda creciente de compra de vehículos.

Infraestructura y diseño geométrico

El espacio urbano construido limita el espacio a utilizar como vías de transporte, las cuales recurren a una geometría que facilita en lo posible el adecuado funcionamiento de estas, situación que presenta fallas como:

Capacidad de diseño urbano

Las vías de la zona de estudio poseen en su mayoría un espacio vial definido y limitado por las construcciones existentes, lo cual deja a dichas vías sin posibilidad de mejorar la capacidad vehicular, esto ante el creciente número de vehículos, genera una sobredemanda de espacio vial, produciéndose de esta manera congestiones vehiculares.

Desorden vehicular

La ciudad de Lima se caracteriza por la desorganización del sistema de transporte público, y la zona de estudio no fue la excepción, presentándose situaciones diversas en las cuales los usuarios de la vía no respetaban señales de tránsito y generaban problemas en la

movilidad, así como la presencia de efectivos policiales que regulaban los flujos vehiculares sin respetar la sincronización de los semáforos presentes, lo cual generaba perturbaciones importantes en las vías involucradas.

Figura 2.30 Desorden vehicular



Fuente: [https://es.wikipedia.org/congestionamiento vehicular](https://es.wikipedia.org/congestionamiento_vehicular)

2.10.2. Determinación del congestionamiento mediante un análisis determinístico

En general la capacidad de un sistema es el número máximo de entidades que pueden ser procesados por unidad de tiempo. De allí que, la congestión ocurre porque el sistema tiene una capacidad limitada y por qué la demanda colocada y el proceso mismo tiene un carácter aleatorio.

Como resultado del congestionamiento suceden las demoras y las colas, es un fenómeno de espera comúnmente asociado a muchos problemas de tránsito.

La teoría de colas, mediante el uso de algoritmos y modelos matemáticos, es una herramienta importante para el análisis de este fenómeno.

Elementos de un sistema de filas de espera

Para caracterizar un fenómeno de espera en un sistema vial de servicios, es necesario responder a interrogantes tales como:

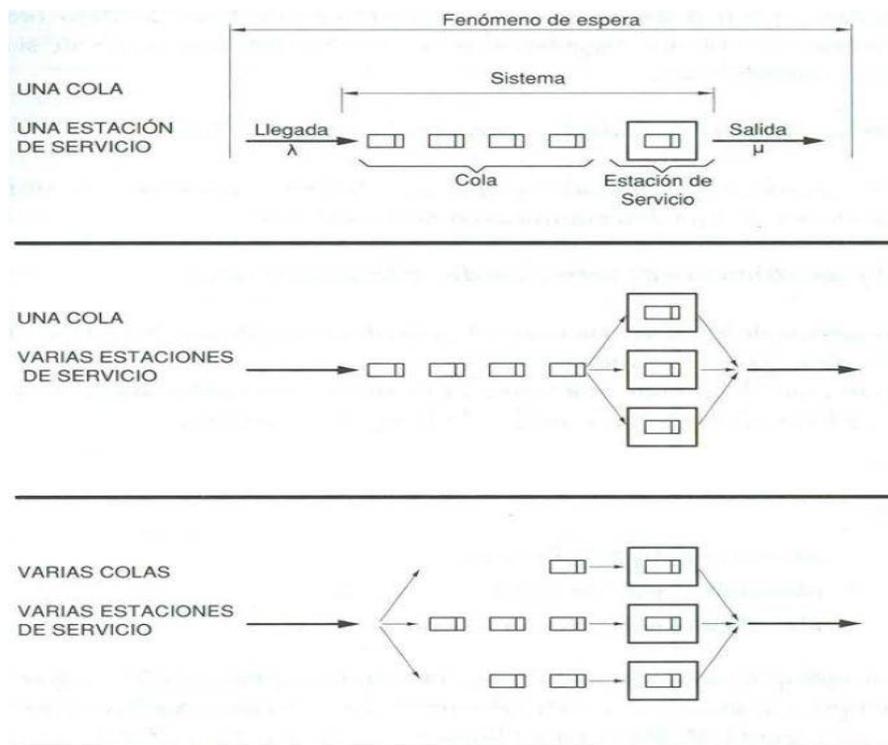
¿A qué horas empieza y termina el congestionamiento?

¿Cuál es el número medio de vehículos en el sistema?

- ¿Cuál es el número medio de vehículos en la cola?
- ¿Cuál es el tiempo medio en el sistema?
- ¿Cuál es el tiempo medio de espera o demora media?
- ¿Cuál es la longitud máxima de la cola?
- ¿Cuál es la demora máxima?
- ¿Cuál es la demora total de todo el tránsito?
- ¿Cuál es la proporción de tiempo en que se utiliza el sistema?
- ¿Cuál es la proporción de tiempo cuando el sistema permanece inactivo?

Se genera una cola cuando los usuarios (vehículos) llegan a una estación de servicio cualquiera, ya sea por ejemplo un estacionamiento, una intersección con semáforo o no, un “cuello de botella”, un enlace de entrada a una autopista, etc.

Figura 2.31 Sistemas de filas de espera



Fuente: elaboración propia

Los vehículos llegan al sistema a una tasa de llegadas λ . Entran a la estación de servicio si está desocupada, donde son atendidos a una tasa media de servicio μ , equivalente a la tasa de salidas. Si la estación de servicio está ocupada se forman en la cola a esperar ser atendidos.

Frecuentemente, tanto la tasa de llegadas como la tasa de servicios varían, causando que también varíe la formación de colas. Se define la cola como el número de vehículos que esperan ser servidos, sin incluir aquellos que actualmente están siendo atendidos.

Para considerar de una manera apropiada un sistema de filas de espera se requiere tener en cuenta la naturaleza de su comportamiento, puesto que tanto las llegadas como los servicios varían con el tiempo. En este sentido, el comportamiento de la cola y los modelos necesarios para describirla, o caracterizarla, dependen de la representación explícita de los siguientes elementos que conforman el proceso:

1. Las llegadas (demanda) o características de entrada

Las llegadas pueden ser expresadas en términos de tasas de flujo (vehículos/hora) o intervalos de tiempo (segundos/vehículo). Su distribución puede ser de tipo determinístico.

2. Los servicios (capacidad) o características de salida

También pueden ser expresados como tasas de flujo o intervalos. Su distribución también puede ser de tipo determinístico

3. El procedimiento de servicio o disciplina de la cola

En la mayoría de los sistemas viales el procedimiento de servicios consiste en que el primero que llega es el primero que sale.

El régimen que define las características de un fenómeno de espera se denota por tres valores alfanuméricos representados de la siguiente manera:

Así, por ejemplo, un fenómeno de espera con un régimen $D / D / 1$ supone llegadas y salidas de tipo determinístico o a intervalos uniformes con una estación de servicio

Análisis determinístico del congestionamiento

El análisis determinístico consiste en el cálculo preciso del valor de una variable en función de ciertos valores específicos que toman otras variables. Esto es, solamente ocurrirá un valor de la función objetivo para un conjunto dado de valores de las variables de entrada.

En situaciones de congestionamiento, donde los patrones de llegada y servicios son altos, los enfoques a nivel macroscópico son los que más se aproximan a este fenómeno, describiendo la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedios.

2.10.3. Análisis de intersecciones con semáforo con régimen D / D / 1

La intersección con semáforo es uno de los ejemplos más típicos de un fenómeno de espera, puesto que por la presencia de la luz roja siempre existirá la información de colas de vehículos. Con el propósito de entender de una manera clara y sencilla, se describen analíticamente, los diversos elementos que caracterizan este fenómeno, bajo condiciones no saturadas del tránsito, esto es, para cada ciclo las llegadas son menores que la capacidad del acceso, de manera que los vehículos que se encuentran en la cola no esperan más de un ciclo para ser servidos por el semáforo o estación de servicio.

La capacidad de un acceso a una intersección con semáforos se expresa en términos del flujo de saturación. Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos a través de la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa equivalente al flujo de saturación, la cual se mantiene constante hasta que la cola se disipa o hasta que termina el verde. El flujo de saturación es la tasa máxima de salidas que puede ser obtenida cuando existen colas.

La tasa de salidas μ presenta tres estados:

$\mu = 0$, cuando el semáforo muestra la indicación roja

$\mu = s$, cuando el semáforo muestra la indicación verde y aún existe cola

$\mu = \lambda$, cuando sin existir cola el semáforo continúa en verde, esto es, los vehículos que salen de la intersección a la misma tasa a la que llegan

Con la información anterior el análisis determinístico en intersecciones con semáforo con régimen D/D/1 se puede determinar los parámetros que son necesarios para cuantificar el congestionamiento, donde se aplicaran las diferentes fórmulas.

Datos de entrada:

Tabla 2.7 Datos necesarios

Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Longitud de ciclo (C)	Verde efectivo (g)
(veh/h)	(veh/h)	(veh/seg)	(veh/seg)	(seg)	(seg)

Fuente: Elaboración propia

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo (t_0)

$$\lambda * (r + t_0) = \mu * t_0$$

$$\lambda r + \lambda = \mu * t_0$$

$$t_0 = \frac{\lambda * r}{\mu - \lambda} \quad \text{Ecc. (1)}$$

si se expresa la tasa de llegadas λ como proporción de la tasa de salidas μ , se obtiene el factor de utilización o intensidad de tránsito ρ :

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{Ecc. (2)}$$

En este caso, $\mu = s$:

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

De la ecuación: Ecc. (2)

$$\lambda = \mu * \rho$$

Reemplazando en la: Ecc. (1)

$$t_0 = \frac{\mu * \rho * r}{\mu - \lambda}$$

$$t_0 = \frac{\mu * \rho * r}{\mu - \mu * \rho}$$

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho}$$

También puede verse que:

$$C = r + g \quad \text{Ecc. (3)}$$

De donde el rojo efectivo r es:

$$C = r + g$$

$$r = C - g$$

Por lo tanto, se calcula con: Ecc. (3)

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad \text{Ecc. (4)}$$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq)

$$Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$$

$$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad \text{Ecc. (5)}$$

Proporción de vehículos detenidos (Ps)

$$Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$$

$$Ps = \frac{\lambda * (r + t_0)}{\lambda * (r + g)}$$

$$Ps = \frac{\frac{t_0 * (1 - \rho)}{\rho} + t_0}{C}$$

$$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad \text{Ecc. (6)}$$

Longitud máxima de la cola (Qm)

Obsérvese que la longitud de la cola (Q) en cualquier instante es igual a la demanda menos el servicio:

$$Q = \text{demanda} - \text{servicio}$$

La longitud máxima de la cola ocurre al final del rojo, donde el servicio aun es cero, y es igual a:

$$Q_m = \lambda * r \quad \text{Ecc. (7)}$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{Q_m}{2}$$

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \text{Ecc. (8)}$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \frac{\left(\frac{\lambda * r}{2}\right) * r + \left(\frac{\lambda * r}{2}\right) * t_0}{r + g}$$

$$\bar{Q} = \frac{(r + t_0) * \left(\frac{\lambda * r}{2}\right)}{r + g}$$

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{c}\right) * \left(\frac{\lambda * r}{2}\right) \quad \text{Ecc. (9)}$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (d_m)

$$d_m = r \quad \text{Ecc. (10)}$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{r * [\lambda * (r + t_0)]}{2}$$

$$D = \frac{\lambda * r^2 + \lambda * r * t_0}{2}$$

Reemplazando el valor de t_0 dado por la ecc. (2), se tiene:

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

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad \text{Ecc. (11)}$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

Se obtiene dividiendo la demora total entre el número de vehículos:

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

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

$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad \text{Ecc. (12)}$$

2.11. Influencia del transporte público en el congestionamiento

La influencia del transporte público en el congestionamiento vehicular es la siguiente:

Es importante recalcar que en las vías con mayor volumen de tráfico general, en la mayoría de los casos los volúmenes del transporte público oscilan entre el 50% a 70% de ocupación de la vía con respecto a los volúmenes generales; lo cual demuestra la gran incidencia del transporte público en los problemas de congestionamiento de las vías y puntos más conflictivos de la ciudad.

En general las líneas de transporte público no tienen muchas alternativas de origen y destino, precisamente por estar centralizado por algunas arterias de la ciudad, lo que limita las posibilidades de origen y destino de la población en general.

2.11.1. Efectos del congestionamiento

Los efectos perjudiciales de la congestión caen sobre todos los habitantes de la ciudad, en términos de deterioro de su capacidad de vida en distintos aspectos, como mayor contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud mental, y otros, por lo tanto, de una forma u otra, nadie queda inmune a sus consecuencias.

Enfocándose el análisis en quienes deben transportarse, se pueden analizar los efectos de la congestión mediante el desglose de su costo en dos componentes fundamentales el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, especialmente combustible. Ambos se ven afectados al viajar bajo condiciones de congestión.

2.11.1.1. Aspecto social

La congestión vehicular también repercute en la calidad de vida de las personas, ante esto se pueden diferenciar algunos aspectos tales como:

Demoras en el tiempo de viaje

Las demoras en el tiempo de viaje es lo más común que se aprecia en las congestiones vehiculares, esta demora genera estrés en los usuarios, lo cual se aprecia con más notoriedad en el servicio de transporte público, por lo cual es común ver actitudes inadecuadas en estos servicios, esta situación es ocasionalmente agravada por la mala condición de los vehículos, lo cual repercute en la disminución de la comodidad del usuario.

Malestar peatonal

Las congestiones vehiculares se dan en su gran mayoría en intersecciones viales, las cuales usualmente cuentan con pases peatonales que se ven obstruidos cuando los vehículos ocupan la zona de paso peatonal al tratar de ganar espacio en la congestión, infringiendo así el reglamento nacional de tránsito, además de que frecuentemente estos lugares producen una gran cantidad de ruidos, sumado a la mala costumbre de varios conductores de tocar el claxon de forma excesiva, perturbando así a las personas presentes en el lugar.

2.11.1.2. Aspecto económico

Uno de los aspectos más perjudiciales de la congestión vehicular es la generación de pérdidas económicas por demoras en el tiempo de viaje, los cuales se dan generalmente por la pérdida de horas-hombre de los usuarios en la congestión y gasto de combustible innecesario en el embotellamiento.

Pérdidas por consumo de combustible en congestión

Las pérdidas por derroche de combustible pueden diferenciarse en cuatro grupos de los cuales tres grupos de vehículos tienen el mayor consumo de combustible en los embotellamientos. El gasto de combustible es directamente proporcional al uso de vehículo y la cantidad de estos, es así que los consumos aproximados son:

2.11.1.3. Aspecto ambiental

Contaminación Atmosférica por el transporte público

La emisión de contaminantes a la atmósfera proveniente de vehículos es considerada como una de las principales fuentes que contribuyen a elevar los niveles de contaminación.

Los vehículos de transporte público, los que son de uso intensivo y en general los que se encuentran en mal estado mecánico producen humos y contaminantes en grandes cantidades, de tal forma que sus emisiones se hacen evidentes.

Los vehículos de transporte público se deterioran en periodos más cortos que los de uso particular, debido al uso intensivo al que están sujetos y en muchas ocasiones a la falta de mantenimiento por parte de sus propietarios.

El transporte contribuye a las emisiones de gases de invernadero, acelerando el cambio climático y a la destrucción de la capa de ozono, debido a la utilización de cloro, fluro, carbonos en las espumas de los asientos y en los sistemas de acondicionamiento de aire del parque actual o sus sustitutos. dañando la salud de las personas, los cultivos, los arboles y las plantas en general y contribuye además con un 8% al efecto invernadero.

Realizando los aforos se pudo constatar que no todos los vehículos cumplen las normas de tránsito ya que existen vehículos que tienen el escape por debajo del vehículo haciendo que el usuario peatón pueda ingerir más estos gases y la norma dice que los vehículos deben tener el escape en la parte superior para de esta manera se pueda tratar de hacer la vida más fácil y contribuir de alguna manera con la contaminación del medio ambiente.

La influencia del transporte público en el ordenamiento vehicular es la siguiente:

Que de esta manera se construirá una ciudad más ordenada y segura sin peligros ni accidentes.

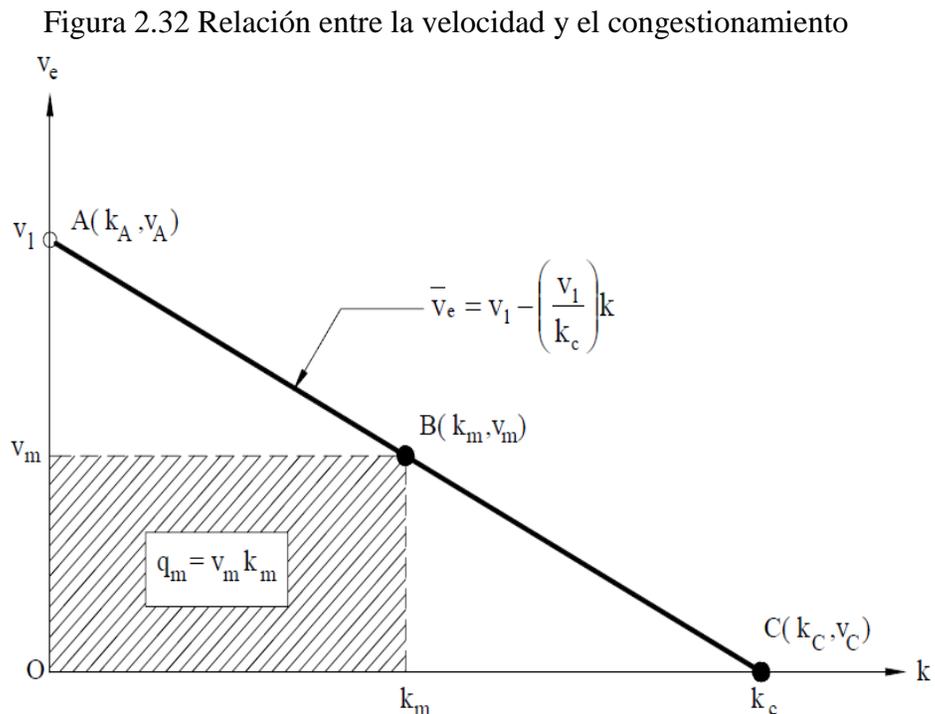
El usuario peatón ha de tener mayor oportunidad de origen y destino ya que este será beneficiado sobre todo en su seguridad al transitar por menos calles congestionadas y el usuario conductor que también será beneficiado de manera en la que ya no se cometa infracciones de tránsito, ni que se lamente hechos de vida humana.

Con el ordenamiento de paradas también se dará lugar a que el usuario peatón y conductor respeten dichas paradas.

Relación grafica entre velocidad y congestionamiento

Utilizando un conjunto de datos (K, v) , para diferentes condiciones de tránsito, se propuso una relación lineal entre la velocidad v y la densidad K .

En general la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor máximo o velocidad a flujo libre v (punto A), hasta un valor mínimo $= 0$ (punto B) donde la densidad alcanza su máximo valor o de congestionamiento K_c .



Fuente: Elaboración propia

Obviamente, en la práctica, la densidad nunca toma el valor de cero, lo cual quiere decir que para que exista velocidad a flujo libre, debe presentarse al menos un vehículo sobre la calle circulando a esa velocidad. Bajo esa condición la densidad es muy baja, tal que el vehículo o los pocos vehículos circulan libremente a la velocidad máxima o límite establecido por la vialidad. En otro extremo, al presentarse congestionamiento, los vehículos están detenidos uno tras de otro.

3.2. Características del área de estudio

El lugar de estudio está ubicado en la ciudad de Tarija en diferentes intersecciones que se tomó para el estudio del tráfico, lo cual ayudará a ver el comportamiento y la fluidez con que circula los vehículos del transporte público por cada punto de la vía, viendo la distribución de velocidades a lo largo del tramo de recorrido de micros como también de cada punto estudiado.

Para poder realizar el estudio de tráfico se buscó zonas específicas para el respectivo estudio, los cuales serán medidos en horas pico, los puntos de aforo fueron distribuidos por diferentes sectores de la ciudad de Tarija, puntos que están encontrados en toda la avenida Víctor Paz Estensoro, avenida Circunvalación, Panamericana y calles céntricas de la ciudad, como también los tramos o rutas por donde circulan las líneas del transporte público de esa manera verificar la calidad y eficacia del servicio a lo largo de su ruta.

3.3. Estudio del tráfico en el área de estudio

Se realizó el estudio de velocidades de circulación en las distintas intersecciones específicas y tramos de las líneas de transporte público.

Procedimiento de medición de velocidad de punto

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico se estableció el área donde se generan mayor congestionamiento y demoras de circulación en la ciudad de Tarija, respectivamente en treinta intersecciones de zonas más congestionadas de las rutas de líneas de transporte público.

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 que circulan por dichas calles de la ciudad desde las 07 am hasta las 21 pm para poder ver a 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 que se realizara 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 fueron de 25 metros en calles céntricas y 50 metros en avenidas con la ayuda de una cinta métrica, teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda cronometrar los tiempos de cada uno de los vehículos.

La medición de las velocidades de los vehículos se realizó tomando 30 vehículos por hora que pasan por la calle en estudio que se encuentran en circulación, que fue aplicado a treinta intersecciones establecidas.

Los datos obtenidos se llevarán a un procesamiento de datos 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 los vehículos en las calles de la ciudad y poder así ver la calidad de circulación con la que cuenta la vía, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestionamiento.

3.3.1. Ubicación de puntos de estudio

Para el respectivo estudio del tráfico vehicular en la zona de la ciudad de Tarija se tomaron puntos específicos de las vías siendo éstos los siguientes:

Tabla 3.1 Puntos de estudio

Puntos de aforo	Intersección
1	Colón - 15 de Agosto
2	Colón - Santa Bernadita
3	Domingo Paz - Juan Misael Saracho
4	General Trigo - Miraflores
5	Av. Panamericana - 15 de Septiembre
6	Av. Panamericana - Salomón Benítez
7	Domingo Paz - Santa cruz
8	15 de abril - Méndez
9	Av. Baldivieso - Carapari
10	Av. Belgrano - Padilla
11	Porvenir - Av. Font
12	Av. La Paz - Delfín Pino
13	Domingo Paz - Ballivian
14	Domingo Paz - Suipacha
15	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho
16	Av. Floilan Tejerina - José Catoira
17	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo
18	Av. Belgrano - Federico Ávila
19	Colon - Montellanos
20	Domingo Paz - Campero
21	Ernesto Trigo - J. Echazu
22	General Trigo - 26 de mayo
23	O'connor - Oruro
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha
25	Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz
26	O'connor - Avaroa
27	Av. Circunvalación - Suipacha
28	Av. Circunvalación - La Patria
29	Av. Circunvalación - Itaú
30	Av. Jaime Paz Zamora - 6 de Junio

Fuente: Elaboración propia

Puntos de estudio: Ubicación detallada de cada uno de los puntos establecidos

Figura 3.2 Ubicación de los puntos de estudio de la cooperativa Virgen de Chaguaya



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3 Ubicación de los puntos de estudio de la cooperativa Tarija



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato Luis de Fuentes



Fuente: elaboración propia

Figura 3.5 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato La Tablada



Figura 3.6 Ubicación de los puntos de estudio del sindicato de los taxi trufis



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Aforos de volumen

Aforos de volúmenes de un día para ver las horas pico del día

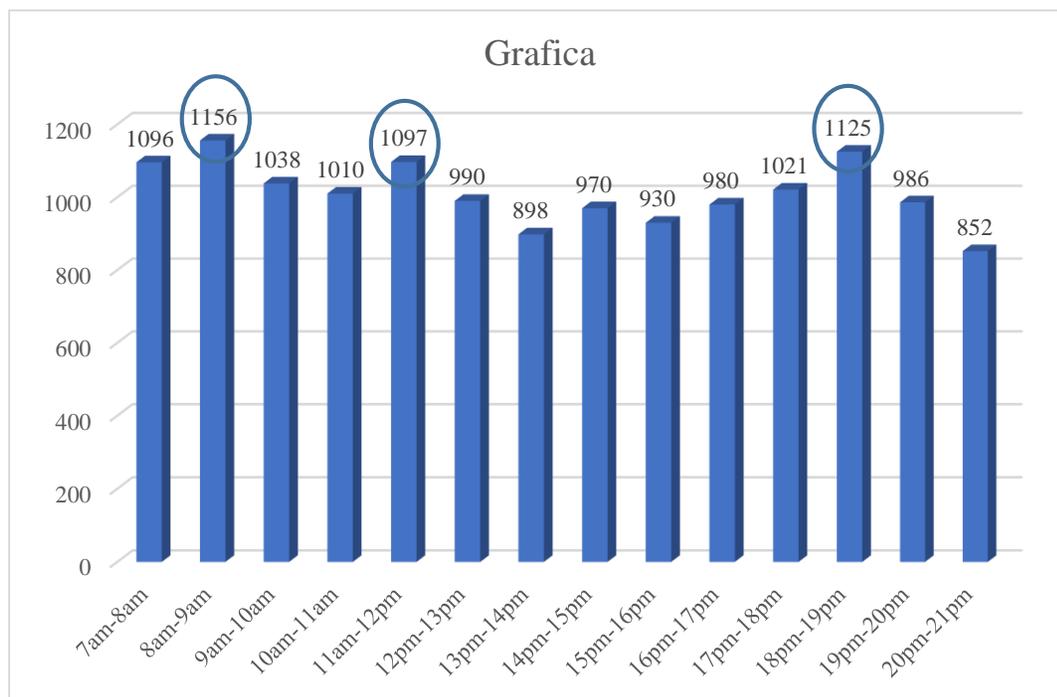
Se realizó el aforo de un día desde las 7 de la mañana hasta las 9 de la noche en el tramo de la avenida Panamericana y Salomón Benítez (los dos carriles). Aforando los vehículos que circulan por ese tramo de avenida, determinaremos la cantidad de vehículos por hora para graficar en un histograma y establecer las horas pico del día de dicha avenida, del cual se eligió las que tenían mayor cantidad de vehículos por hora, mediante ese criterio obtendremos las tres horas pico del día, para todos los puntos ya mencionados y así realizar el estudio de velocidades.

Tabla 3.2 Resumen horario de volúmenes

Horas	Volumen (veh/h)
07am-8am	1096
08am-9am	1156
09am-10am	1038
10am-11am	1010
11am-12pm	1097
12pm-13pm	990
13pm-14pm	898
14pm-15pm	970
15pm-16pm	930
16pm-17pm	980
17pm-18pm	1021
18pm-19pm	1125
19pm-20pm	986
20pm-21pm	852

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Horas pico de los aforos en la Av. Panamericana y Salomón Benítez



Fuente: Elaboración propia

3.4 Aforos de velocidad de punto de micros

Para proceder a la medición de las velocidades en las zonas de estudio, se realizó de la siguiente manera, primero se midió la distancia de un punto a otro, se tomó distancias de 25 metros y 50 metros (en avenidas Víctor Paz Estensoro, Panamericana, Jaime Paz Zamora), luego se controló el tiempo en que tarda en pasar el vehículo por esa distancia medida, registrando cada 30 vehículos que pasaban por cada acceso.

Se tomó 30 puntos asignados en la ciudad de Tarija para hacer el respectivo aforo de tiempos.

Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico de un día completo, tres días de la semana para tener de una semana completa, eso lo hice durante 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)

Se obtuvo los datos de medición de tiempos en todos los puntos, y se determinó las velocidades del transporte público como privado que están en anexo 1 y anexo 2, para tener las velocidades finales se procedió a depurar datos numéricos usando la media aritmética y desviación estándar, y se eliminó los datos que no entraban en el rango determinado para posteriormente depurarlos, los valores finales se encuentran en anexo 1 y anexo 2.

3.4.1 Resultados

Tabla 3.3 Intersección Colón - 15 de Agosto

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
1	Colón - 15 de agosto	1	25	24,21	25,45
		2	25	23,95	24,67

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Intersección Colón -15 de Agosto



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Intersección Colón - Santa Bernadita

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
2	Colón - Santa bernadita	1	25	24,44	25,89
		2	25	23,83	24,83

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9 Intersección Colón - Santa Bernadita



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Intersección Domingo Paz - Juan Misael Saracho

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
3	Domingo Paz - Juan Misael Saracho	1	25	15,67	15,87
		2	25	19,79	19,25
		3	25	18,03	18,84

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Intersección Domingo Paz - Juan Misael Saracho



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Intersección General Trigo - Miraflores

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
4	General Trigo - Miraflores	1	25	21,69	23,67

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11 Intersección General Trigo - Miraflores



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Intersección Av. Panamericana - 15 de Septiembre

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
5	Av. Panamericana - 15 de Septiembre	1	50	18,65	23,86
		2	50	18,32	23,79

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12 Intersección Av. Panamericana - 15 de Septiembre



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Intersección Av. Panamericana - Salomón Benítez

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
6	Av. Panamericana - Salomón Benítez	1	50	28,92	29,81
		2	50	24,55	25,28

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Intersección Av. Panamericana - Salomón Benítez



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Intersección Domingo Paz - Santa cruz

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
7	Domingo Paz - Santa cruz	1	25	17,96	20,80

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 Intersección Domingo Paz - Santa cruz



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Intersección 15 de Abril - Méndez

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
8	15 de abril - Méndez	1	25	16,71	17,13
		2	25	15,90	16,22

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 Intersección 15 de Abril - Méndez



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11 Intersección Av. Baldivieso - Carapari

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
9	Av. Baldivieso - Carapari	1	25	22,71	23,25
		2	25	23,21	24,07

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 Intersección Av. Baldivieso - Carapari



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Intersección Av. Belgrano - Padilla

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
10	Av. Belgrano - Av, Padilla	1	25	18,46	24,52
		2	25	17,29	23,92

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 Intersección Av. Belgrano - Padilla



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Intersección Porvenir - Av. Font

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
11	Porvenir - Av. Font	1	25	23,92	24,91

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 Intersección Porvenir - Av. Font



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14 Intersección Av. La Paz - Delfín Pino

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
12	Av. La Paz - Delfín Pino	1	25	17,99	22,23
		2	25	16,74	20,37

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 Intersección Av. La Paz - Delfín Pino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15 Intersección Domingo Paz - Ballivián

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
13	Domingo Paz - Ballivián	1	25	17,89	18,38
		2	25	20,03	20,76

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 Intersección Domingo Paz - Ballivián



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Intersección Domingo Paz - Suipacha

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
14	Domingo Paz - Suipacha	1	25	18,13	18,78
		2	25	20,81	21,34

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21 Intersección Domingo Paz - Suipacha



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
15	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho	1	25	22,72	23,23
		2	25	21,80	22,40

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18 Intersección Av. Floilan Tejerina - José Catoira

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
16	Floilan Tejerina - José Catoira	1	25	23,21	23,49
		2	25	21,94	22,05

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23 Intersección Av. Floilan Tejerina - José Catoira



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
17	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo	1	25	23,93	24,98
		2	25	25,27	25,71

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24 Intersección Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Intersección Av. Belgrano - Federico Ávila

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
18	Av. Belgrano - Federico Ávila	1	25	18,95	19,12
		2	25	17,79	18,69

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.25 Intersección Av. Belgrano - Federico Ávila



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Intersección Colon - Montellanos

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
19	Colon - Montellanos	1	25	25,82	26,01
		2	25	24,76	25,04

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.26 Intersección Colon - Montellanos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22 Intersección Domingo Paz - Campero

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
20	Domingo Paz - Campero	1	25	14,82	15,55
		2	25	18,79	18,96
		3	25	12,39	13,87

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.27 Intersección Domingo Paz - Campero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.23 Intersección Ernesto Trigo - J. Echazu

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
21	Ernesto Trigo - J. Echazu	1	25	23,57	24,33
		2	25	19,58	20,56

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.28 Intersección Ernesto Trigo - J. Echazu



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Intersección General Trigo - 26 de Mayo

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
22	General Trigo - 26 de mayo	1	25	24,23	25,22
		2	25	23,73	24,71
		3	25	22,86	22,96
		4	25	18,34	19,02

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.29 Intersección General Trigo - 26 de Mayo



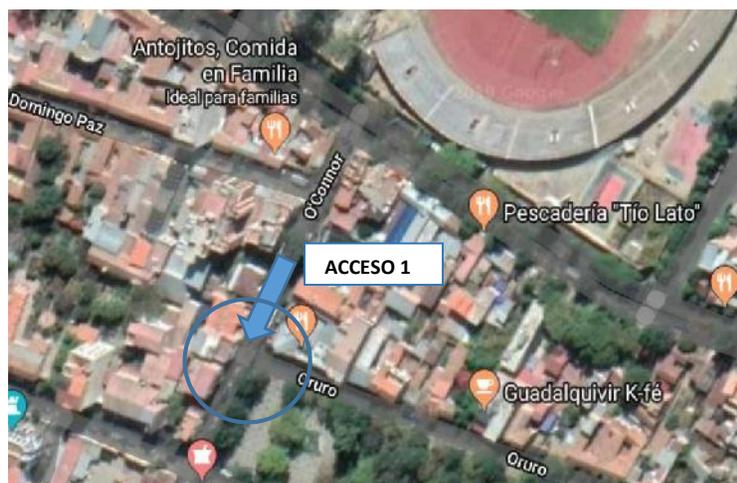
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Intersección O'connor - Oruro

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
23	O'connor - Oruro	1	25	18,51	19,86

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.30 Intersección O'Connor - Oruro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha	1	50	33,10	33,16
		2	50	22,69	23,48

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.31 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
25	Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz	1	25	24,79	25,02
		2	25	19,91	20,50

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.32 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.28 Intersección O'connor - Avaroa

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
26	O'connor - Avaroa	1	25	26,35	26,51
		2	25	25,42	25,17

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.33 Intersección O’connor - Avaroa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Intersección Av. Circunvalación - Suipacha

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
27	Av. Circunvalación - Suipacha	1	50	32,71	33,03
		2	50	31,55	31,49

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.34 Intersección Av. Circunvalación - Suipacha



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30 Intersección Av. Circunvalación - La Patria

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
28	Av. Circunvalación - La Patria	1	50	32,22	33,20
		2	50	31,23	32,16

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.35 Intersección Av. Circunvalación - La Patria



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.31 Intersección Av. Circunvalación - Itaú

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
29	Av. Circunvalación - Itaú	1	50	29,99	30,57
		2	50	28,18	28,39

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.36 Intersección Av. Circunvalación - Itaú



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - 6 de junio

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)	
				Público	Privado
30	Av. Jaime Paz Zamora - 6 de junio	1	50	27,32	27,75
		2	50	30,02	30,44

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.37 Intersección Av. Jaime Paz Zamora - 6 de junio



Fuente: Elaboración propia

3.5 Aforos de velocidad de recorrido de micros en la ciudad de Tarija

Para hacer el respectivo estudio estableceremos el área de las rutas por donde circula las líneas del transporte público en la ciudad respectivamente de veinte dos líneas de micros.

Para la medición de velocidad de recorrido total del transporte público, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará adentro del micro, el periodo de aforo es durante un mes, tres veces a la semana, una solo vez en las tres hora pico, primeramente se obtuvo los tiempos de recorrido del tramo, los que a su vez están asociados con los tiempos de circulación y los tiempos de demora, el tiempo de circulación se lo obtiene cuando el vehículo está en movimiento, que es lecturado mediante un cronometro.

De igual manera mediante un cronometro obtuvimos la información de los tiempos de demora que se registró cuando el flujo de transito es detenido o forzado, ya sea por el tráfico, cuando suben o bajan los pasajeros, por los semáforos y por las paradas, la duración de los tiempos de recorrido se mide en unidades de tiempo.

Una vez obtenido los tiempos de circulación, se procede a determinar la distancia de la ruta por donde circula los micros, de una vuelta completa (de ida como de vuelta) mediante herramientas que nos permitan determinarla, de esa manera relacionar con los tiempos de circulación y obtener la velocidad media de recorrido total para establecer la calidad de flujo.

La relación que se utiliza para determinar la velocidad de recorrido total es:

$$V_r = \frac{dr}{t_c + t_d}$$

Donde:

V_r = Velocidad de recorrido total (km/h)

dr = Distancia de recorrido (km)

t_c = Tiempo de circulación (h)

t_d = Tiempo de demoras (h)

3.5.1. Tiempos de circulación y distancia recorrida por donde circulan los micros

Micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Tabla 3.33 Tiempo y distancia de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Línea	Tiempo de circulación (hr)			Distancia recorrida (km)		
	Ida	Vuelta	Total	Ida	Vuelta	Total
Línea 4 verde	0,78	1,13	1,92	11,10	11,20	22,30
Línea 4 naranja	0,80	1,00	1,80	12,60	12,00	24,60
Línea 6	0,75	0,98	1,73	13,50	13,50	27,00
Línea 7	0,78	0,97	1,75	10,20	9,94	20,14
Línea 11	1,05	0,82	1,87	12,70	11,10	23,80

Fuente: Elaboración propia

Micros de la cooperativa Tarija

Tabla 3.34 Tiempo y distancia de los micros de la cooperativa Tarija

Línea	Tiempo de circulación (hr)			Distancia recorrida (km)		
	Ida	Vuelta	Total	Ida	Vuelta	Total
Línea Z	0,93	1,02	1,95	12,90	13,00	25,90
Línea 9	0,88	0,92	1,80	14,40	13,70	28,10

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato Luis de Fuentes

Tabla 3.35 Tiempo y distancia de los micros del sindicato Luis de Fuentes

Línea	Tiempo de circulación (hr)			Distancia recorrida (km)		
	Ida	Vuelta	Total	Ida	Vuelta	Total
Línea E Amarilla	0,75	0,92	1,67	11,50	13,00	24,50
Línea E Blanca	0,85	1,00	1,85	10,10	11,50	21,60
Línea E Roja	0,87	0,75	1,62	9,91	11,00	20,91
Línea F	0,93	1,03	1,97	10,40	11,90	22,30
Línea 5	0,72	0,77	1,48	10,50	10,60	21,10

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato la Tablada

Tabla 3.36 Tiempo y distancia de los micros del sindicato La Tablada

Línea	Tiempo de circulación (hr)			Distancia (km)		
	Ida	Vuelta	Total	Ida	Vuelta	Total
Línea A San Mateo	0,98	1,07	2,05	17,40	15,60	33,00
Línea A Tomatitas	0,88	0,78	1,67	14,90	13,10	28,00
Línea B Tomatitas	0,72	0,80	1,52	11,00	11,00	22,00
Línea B Obrajes	0,80	0,92	1,72	11,00	11,10	22,10
Línea B San Mateo	0,90	1,08	1,98	10,30	9,86	20,16
Línea C	0,77	0,92	1,68	9,96	11,40	21,36
Línea CH Verde C/Blan	1,13	0,98	2,12	13,20	10,50	23,70
Línea CH Verde S/Blan	1,12	0,87	1,98	13,60	10,80	24,40
Línea CH Rojo C/Blan	0,90	1,02	1,92	12,80	11,80	24,60
Línea CH Rojo S/Blan	0,97	0,95	1,92	12,10	11,40	23,50
Línea D Campesino	0,92	0,68	1,60	12,90	9,58	22,48
Línea D Lourdes	0,67	0,92	1,58	9,82	10,90	20,72
Línea K	0,63	0,65	1,28	9,18	8,38	17,56
Línea S	0,93	0,85	1,78	12,10	10,80	22,90

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Demoras producidas en las calles por donde circulan los micros

Micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Tabla 3.37 Tiempo de demoras de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Tiempo de demora	Línea 4 verde	Línea 4 naranja	Línea 6	Línea 7	Línea 11
Pasajero	0,17	0,18	0,12	0,16	0,07
Tráfico	0,07	0,06	0,02	0,07	0,13
Semáforo	0,14	0,08	0,23	0,21	0,05
Parada	0,16	0,05	0,15	0,15	0,08
td (hr)	0,54	0,37	0,52	0,59	0,33

Fuente: Elaboración propia

Micros de la cooperativa Tarija

Tabla 3.38 Tiempo de demoras de los micros de la cooperativa Tarija

Tiempo de demora	Línea Z	Línea 9
Pasajero	0,13	0,07
Tráfico	0,05	0,12
Semáforo	0,18	0,08
Parada	0,21	0,08
td (hr)	0,57	0,35

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato Luis de Fuentes

Tabla 3.39 Tiempo de demoras de los micros del sindicato Luis de Fuentes

Tiempo de demora	Línea E Amarilla	Línea E Blanca	Línea E Roja	Línea F	Línea 5
Pasajero	0,12	0,22	0,22	0,15	0,09
Tráfico	0,03	0,05	0,05	0,07	0,03
Semáforo	0,06	0,08	0,08	0,15	0,09
Parada	0,12	0,15	0,15	0,10	0,07
td (hr)	0,33	0,50	0,50	0,47	0,28

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato la Tablada

Tabla 3.40 Tiempo de demoras de los micros del sindicato La Tablada

Tiempo de demora	Línea A San Mateo	Línea A Tomatitas	Línea B Tomatitas	Línea B Obrajés	Línea B San Mateo	Línea C	Línea CH Verde C/Blan
Pasajero	0,23	0,1	0,13	0,23	0,12	0,13	0,08
Tráfico	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02
Semáforo	0,11	0,05	0,10	0,11	0,11	0,08	0,03
Parada	0,12	0,08	0,05	0,12	0,18	0,13	0,17
td (hr)	0,47	0,26	0,31	0,47	0,43	0,37	0,30

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.41 Tiempo de demoras de los micros del sindicato La Tablada

Tiempo de demora	Línea CH Verde S/Blan	Línea CH Rojo C/Blan	Línea CH Rojo S/Blan	Línea D Campesino	Línea D Lourdes	Línea K	Línea S
Pasajero	0,13	0,15	0,12	0,08	0,06	0,12	0,13
Tráfico	0,08	0,05	0,08	0,03	0,02	0,03	0,03
Semáforo	0,08	0,12	0,10	0,05	0,10	0,10	0,07
Parada	0,12	0,12	0,12	0,08	0,16	0,13	0,10
td (hr)	0,41	0,44	0,42	0,24	0,34	0,38	0,33

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Resultados

Micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Tabla 3.42 Velocidad de recorrido de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Línea	D (km)	tc + td (hr)	T (hr)	V (km/hr)
4 verde	22,30	1,92 + 0,54	2,46	9,07
4 naranja	24,60	1,80 + 0,37	2,17	11,34
6	27,00	1,73 + 0,52	2,25	12,00
7	20,14	1,75 + 0,59	2,34	8,61
11	23,80	1,87 + 0,33	2,20	10,82

Fuente: Elaboración propia

Micros de la cooperativa Tarija

Tabla 3.43 Velocidad de recorrido de los micros de la cooperativa Tarija

Línea	D (km)	tc + td (hr)	T (hr)	V (km/hr)
Z	25,90	1,95 + 0,57	2,52	10,28
9	28,10	1,80 + 0,35	2,15	13,07

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato Luis de Fuentes

Tabla 3.44 Velocidad de recorrido de los micros del sindicato Luis de Fuentes

Línea	D (km)	tc + td (hr)	T (hr)	V (km/hr)
E Amarilla	24,50	1,67 + 0,33	2,00	12,25
E Blanca	21,60	1,85 + 0,50	2,35	9,19
E Roja	20,91	1,62 + 0,50	2,12	9,86
F	22,30	1,97 + 0,47	2,44	9,14
5	21,10	1,48 + 0,28	1,76	11,99

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato La Tablada

Tabla 3.45 Velocidad de recorrido de los micros del sindicato La Tablada

Línea	D (km)	tc + td (hr)	T (hr)	V (km/hr)
A San Mateo	33,00	2,05 + 0,47	2,52	13,10
A Tomatitas	28,00	1,67 + 0,26	1,85	14,51
B Tomatitas	22,00	1,52 + 0,31	1,83	12,02
B Obrajes	22,10	1,72 + 0,47	2,19	10,09
B San Mateo	20,16	1,98 + 0,43	2,41	8,37
C	21,36	1,68 + 0,37	2,05	10,42
Ch Verde C/Blan	23,70	2,12 + 0,30	2,42	9,79
Ch Verde S/Blan	24,40	1,98 + 0,41	2,39	10,21
Ch Rojo C/Blan	24,60	1,92 + 0,44	2,36	10,42
Ch Rojo S/Blan	23,50	1,92 + 0,42	2,34	10,04
D Campesino	22,48	1,60 + 0,24	1,84	12,22
D Lourdes	20,72	1,58 + 0,34	1,92	10,79
K	17,56	1,28 + 0,38	1,66	10,58
S	22,90	1,78 + 0,33	2,11	10,85

Fuente: Elaboración propia

3.6. Aforos de velocidad crucero de micros en la ciudad de Tarija

Para hacer el respectivo estudio estableceremos el área de las rutas por donde circula las líneas del transporte público en la ciudad respectivamente de veinte dos líneas de micros.

Para la medición de velocidad de crucero del transporte público, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará adentro del micro, el periodo de aforo es durante un mes, tres veces a la semana, una solo vez en las tres horas pico, en los tiempos de recorrido del tramo, solo se obtiene el tiempo de circulación cuando el vehículo está en movimiento mediante un cronometro anotando en planillas y expresada en unidades de tiempo, por lo que no se toma en cuenta todos aquellos tiempos en los que el vehículo estuvo detenido.

Una vez obtenido los tiempos de circulación, se procede a determinar la distancia de la ruta por donde circula los micros, de una vuelta completa (de ida como de vuelta) mediante herramientas que nos permitan determinarla, de esa manera relacionar con los tiempos de circulación y obtener la velocidad media de crucero.

La velocidad de crucero viene expresada de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{dr}{tc}$$

Donde:

V_c = Velocidad de cruceo (km/h)

dr = Distancia de recorrido (km)

tc = Tiempo de circulación (h)

3.6.1 Resultados

Micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Tabla 3.46 Velocidad cruceo de los micros de la cooperativa Virgen de Chaguaya

Línea	D (km)	tc (hr)	V (km/hr)
4 verde	22,30	1,92	11,61
4 naranja	24,60	1,80	13,67
6	27,00	1,73	15,61
7	20,14	1,75	11,51
11	23,80	1,87	12,73

Fuente: Elaboración propia

Micros de la cooperativa Tarija

Tabla 3.47 Velocidad cruceo de los micros de la cooperativa Tarija

Línea	D (km)	tc (hr)	V (km/hr)
Z	25,90	1,95	13,28
9	28,10	1,80	15,61

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato Luis de Fuentes

Tabla 3.48 Velocidad cruceo de los micros del sindicato Luis de Fuentes

Línea	D (km)	tc (hr)	V (km/hr)
E Amarilla	24,50	1,67	14,67
E Blanca	21,60	1,85	11,68
E Roja	20,91	1,62	12,91
F	22,30	1,97	11,32
5	21,10	1,48	14,26

Fuente: Elaboración propia

Micros del sindicato La Tablada

Tabla 3.49 Velocidad cruce de los micros del sindicato La Tablada

Línea	D (km)	tc (hr)	V (km/hr)
A San Mateo	33,00	2,05	16,10
A Tomatitas	28,00	1,67	16,80
B Tomatitas	22,00	1,52	14,51
B Obrajes	22,10	1,72	12,87
B San Mateo	20,16	1,98	10,16
C	21,36	1,68	12,69
Ch Verde C/Blan	23,70	2,12	11,20
Ch Verde S/Blan	24,40	1,98	12,30
Ch Rojo C/Blan	24,60	1,92	12,83
Ch Rojo S/Blan	23,50	1,92	12,26
D Campesino	22,48	1,60	14,05
D Lourdes	20,72	1,58	13,09
K	17,56	1,28	13,68
S	22,90	1,78	12,84

Fuente: Elaboración propia

3.7. Capacidad vehicular

Cálculo de capacidad

El cálculo de cada una de las capacidades de los putos más críticos, se realizó con el método HCM 2000 del manual de los EEUU de vías interrumpidas, para cada intersección debido a que todos los estudios realizados de cálculos de capacidades en nuestro país fueron calculados con este método; ya que todavía no contamos con un manual de cálculo de capacidades para vías interrumpidas en nuestro medio.

Con ese método se analizó cada punto fijado como análisis, que nos servirá para el cálculo del nivel de servicio con el cual cuentan las vías.

Se tomará en cuenta el % de vehículos pesados, si existe parada antes y después de la intersección, si existe estacionamiento en cada intersección para el cálculo de la capacidad.

3.7.1. Cálculo de la capacidad calle: 15 de Abril - Méndez

Acceso A-1

Datos:

Zona central con estacionamiento a la izquierda

Paradas después de la intersección

Volumen = 370 veh/h

Ancho del acceso = 5,60 m

reducción por estacionamiento = 3,80 m

% GI = 19,95 %

% GD = 0 %

% Vehículos pesados = 0 %

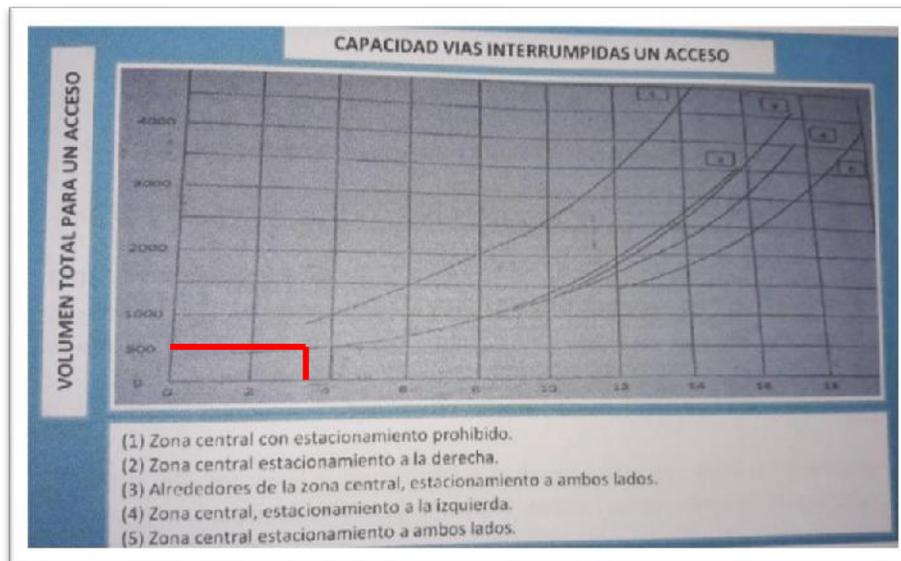
Figura 3.38 Intersección 15 de Abril - Méndez



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso, sacado con la condición número 4.

Figura 3.39 Abaco para calcular la capacidad teórica



$$\text{Cap}_{\text{Teórica}} = 500 \text{ veh/h}$$

$$\text{Cap}_{\text{Prac}} = 500 * 0.9 = 450 \text{ veh/h}$$

Factores

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 19,95 \%$$

$$\% \text{ GI} > 10\% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GI}} = 1 - \frac{(\% \text{ GI} - 10)}{100} = 0,90$$

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 0 \%$$

$$\% \text{ GD} < 10 \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GD}} = 1 - 0,5 * \frac{(\% \text{ GD} - 10)}{100} = 1$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh. pes} = 0 \%$$

$$\% \text{ Veh. pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{vp}} = 1 - \frac{(\% \text{ VP} - 10)}{100} = 1$$

Por paradas después de la intersección

$$F_{\text{p}} = 1 - \frac{5}{100} = 0.95$$

Capacidad real

$$\text{Cap}_{\text{Real}} = C_{\text{Prac}} * f_{\text{vp}} * f_{\text{GI}} * f_{\text{GD}} * f_{\text{p}}$$

$$\text{Cap}_{\text{Real}} = 384 \text{ veh/h}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 370 \text{ veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 0,96$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: E

Acceso A-2

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Paradas antes de la intersección

Volumen = 397 veh/h

Ancho del acceso = 5,30 m

reducción por estacionamiento = 3,50 m

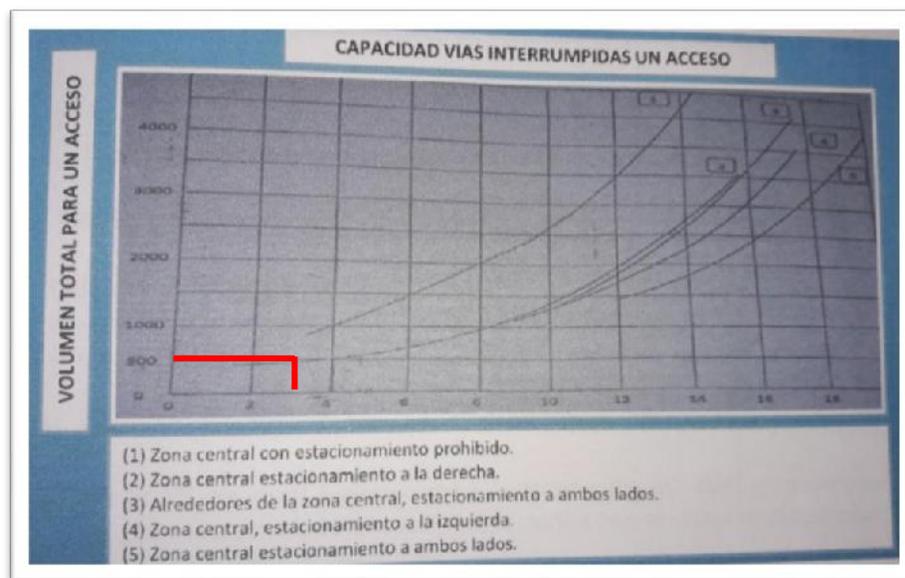
% GI = 0 %

% GD = 29,04 %

% Vehículos pesados = 0,75 %

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso, sacado con la condición número 2.

Figura 3.40 Abaco para calcular la capacidad teórica



Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

$$\text{Cap}_{\text{Teórica}} = 500 \text{ veh/h}$$

$$\text{Cap}_{\text{Prac}} = 500 * 0.9 = 450 \text{ veh/h}$$

Factores

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 0 \%$$

$$\% \text{ GI} < 10\% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GI}} = 1 - \frac{(\% \text{ GI} - 10)}{100} = 1$$

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 29,04 \%$$

$$\% \text{ GD} > 10 \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GD}} = 1 - 0,5 * \frac{(\% \text{ GD} - 10)}{100} = 0,90$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh. Pes} = 0,75 \%$$

$$\% \text{ Veh. pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{vp}} = 1 - \frac{(\% \text{ VP} - 10)}{100} = 1$$

Por paradas antes de la intersección

$$F_{\text{p}} = 1 - \frac{10}{100} = 0.90$$

Capacidad real

$$\text{Cap}_{\text{Real}} = C_{\text{Prac}} * f_{\text{vp}} * f_{\text{GI}} * f_{\text{GD}} * f_{\text{p}}$$

$$\text{Cap}_{\text{Real}} = 364 \text{ veh/h}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 397 \text{ veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 1.09$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: F

3.7.2. Cálculo de la capacidad calle: Domingo Paz - Campero

Acceso A-1

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Paradas antes de la intersección

Volumen = 316 veh/h

Ancho del acceso = 6,00 m

reducción por estacionamiento = 4,20 m

% GI = 19,24 %

% GD = 0 %

% Vehículos pesados = 0 %

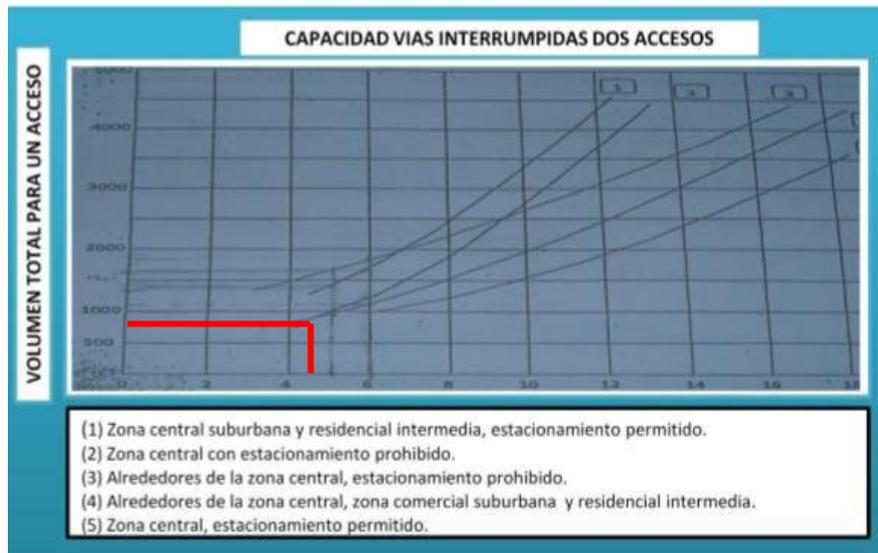
Figura 3.41 Intersección Domingo Paz - Campero



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 5.

Figura 3.42 Abaco para calcular la capacidad teórica



Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

$$\text{Cap}_{\text{Teórica}} = 700 \text{ veh/h}$$

$$\text{Cap}_{\text{Prac}} = 700 * 0.9 = 630 \text{ veh/h}$$

Factores

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 19,24 \%$$

$$\% \text{ GI} > 10\% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GI}} = 1 - \frac{(\% \text{ GI} - 10)}{100} = 0,91$$

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 0 \%$$

$$\% \text{ GD} < 10 \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GD}} = 1 - 0,5 * \frac{(\% \text{ GD} - 10)}{100} = 1$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh. pes} = 0 \%$$

$$\% \text{ Veh. pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{vp}} = 1 - \frac{(\% \text{ VP} - 10)}{100} = 1$$

Por paradas antes de la intersección

$$F_p = 1 - \frac{10}{100} = 0,90$$

Capacidad real

$$Cap_{Real} = C_{Prac} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_p$$

$$Cap_{Real} = 515 \text{ veh/h}$$

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

Volumen horario = 316 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0,61$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio: D

Acceso A-2

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Paradas antes de la intersección

Volumen = 91 veh/h

Ancho del acceso = 6,00 m

reducción por estacionamiento = 4,20 m

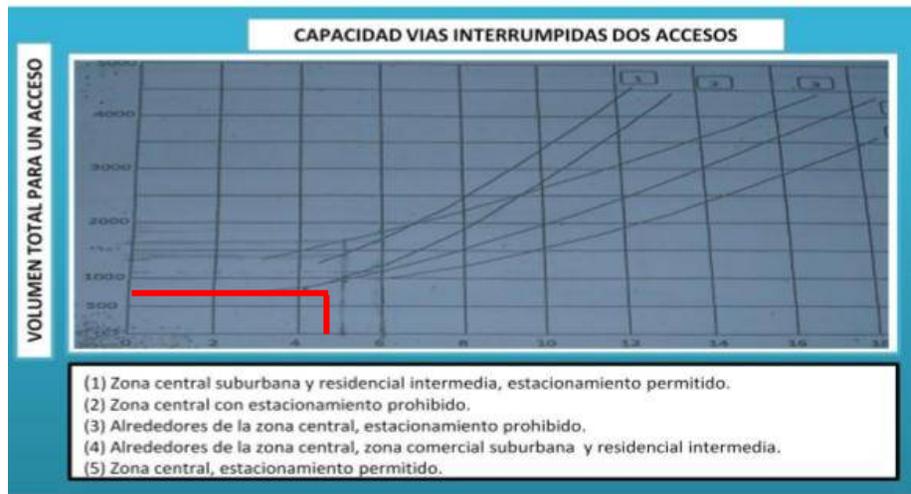
% GI = 0 %

% GD = 25,28 %

% Vehículos pesados = 0 %

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacada con la condición número 5.

Figura 3.43 Abaco para calcular la capacidad teórica



Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

$$\text{Cap}_{\text{Teórica}} = 700 \text{ veh/h}$$

$$\text{Cap}_{\text{Prac}} = 700 * 0.9 = 630 \text{ veh/h}$$

Factores

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 0 \%$$

$$\% \text{ GI} < 10\%$$

$$\longrightarrow F_{\text{GI}} = 1 - \frac{(\% \text{ GI} - 10)}{100} = 1$$

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 25,28 \%$$

$$\% \text{ GD} > 10$$

$$\longrightarrow F_{\text{GD}} = 1 - 0,5 * \frac{(\% \text{ GD} - 10)}{100} = 0,92$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh. Pes} = 0 \%$$

$$\% \text{ Veh. pes} < 10 \%$$

$$\longrightarrow F_{\text{VP}} = 1 - \frac{(\% \text{ VP} - 10)}{100} = 1$$

Por paradas antes de la intersección

$$F_{\text{P}} = 1 - \frac{10}{100} = 0,90$$

Capacidad real

$$Cap_{Real} = C_{Prac} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_p$$

$$Cap_{Real} = 521 \text{ veh/h}$$

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

Volumen horario = 91 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0,17$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: B

Acceso A-3

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Paradas antes de la intersección

Volumen = 305 veh/h

Ancho del acceso = 5,30 m

reducción por estacionamiento = 3,50m

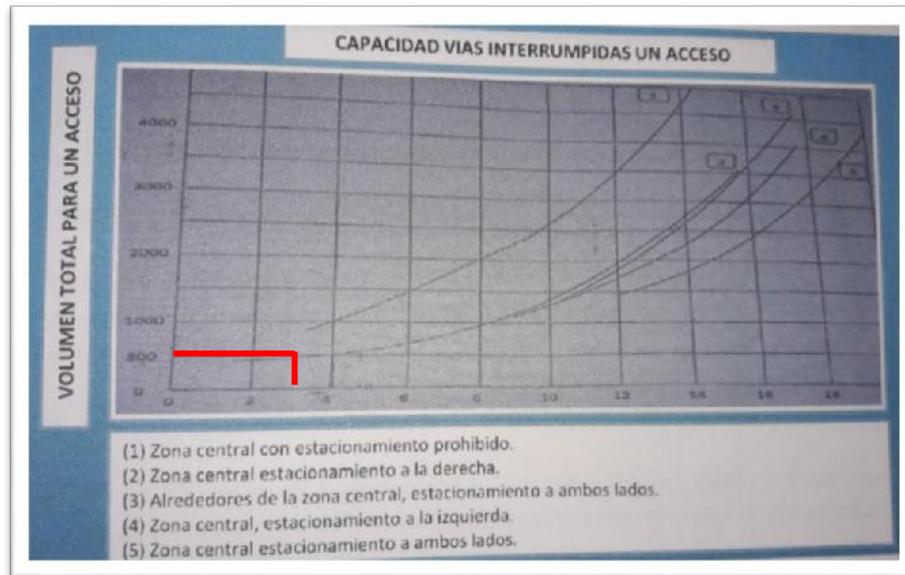
% GI = 16,45 %

% GD = 24,31 %

% Vehículos pesados = 0 %

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.44 Abaco para calcular la capacidad teórica



Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

$$\text{Cap}_{\text{Teórica}} = 500 \text{ veh/h}$$

$$\text{Cap}_{\text{Prac}} = 500 * 0.9 = 450 \text{ veh/h}$$

Factores

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 16,45 \%$$

$$\% \text{ GI} > 10\% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GI}} = 1 - \frac{(\% \text{ GI} - 10)}{100} = 0,94$$

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 24,31 \%$$

$$\% \text{ GD} > 10 \quad \longrightarrow \quad F_{\text{GD}} = 1 - 0,5 * \frac{(\% \text{ GD} - 10)}{100} = 0,93$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh. Pes} = 0 \%$$

$$\% \text{ Veh. pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{vp}} = 1 - \frac{(\% \text{ VP} - 10)}{100} = 1$$

Por paradas antes de la intersección

$$F_p = 1 - \frac{10}{100} = 0,90$$

Capacidad real

$$Cap_{Real} = C_{Prac} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_p$$

$$Cap_{Real} = 354 \text{ veh/h}$$

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

Volumen horario = 305 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0,86$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: E

3.8. Análisis determinístico en intersecciones con semáforo con régimen D/D/1

3.8.1. Calle 15 de Abril - Méndez A-1

Datos de entrada

Tabla 3.50 Datos de entrada para el análisis determinístico

Flujo de saturación (S) (veh/h)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/h)	Flujo de saturación (S) (veh/seg)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/seg)	Longitud de ciclo (C) (seg)	Verde efectivo (g) (seg)
384	192	0,11	0,05	48	24

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de efectividad

Factor de utilización o intensidad de tránsito $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

En este caso, $\mu = s$: se tiene $\rightarrow \rho = \frac{\lambda}{s}$

$$\rho = \frac{\lambda}{s} \quad \rho = 0,45$$

Longitud del ciclo $C = r + g$

Rojo efectivo $r = C - g$ $r \text{ (seg)} = 24$

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad t_0 \text{ (seg)} = 19,64$$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq) $Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$

$$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad Pq = 0,91$$

Proporción de vehículos detenidos (Ps) $Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$

$$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad Ps = 0,91$$

Longitud máxima de la cola (Qm) servicio = 0

$$Qm = \lambda * r \quad Qm \text{ (veh)} = 1,2$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \bar{Q}_q (\text{veh}) = 0,60$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{C} \right) * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad \bar{Q} (\text{veh}) = 0,55$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (dm)

$$dm = r \quad dm (\text{seg}) = 24$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad D (\text{seg/veh}) = 26,18$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad d (\text{seg/veh}) = 10,91$$

A-2

Datos de entrada

Tabla 3.51 Datos de entrada para el análisis determinístico

Flujo de saturación (S) (veh/h)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/h)	Flujo de saturación (S) (veh/seg)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/seg)	Longitud de ciclo (C) (seg)	Verde efectivo (g) (seg)
364	182	0,10	0,05	48	20

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de efectividad

Factor de utilización o intensidad de tránsito $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

En este caso, $\mu = s$: se tiene $\longrightarrow \rho = \frac{\lambda}{s}$

$$\rho = \frac{\lambda}{s} \quad \rho = 0,50$$

Longitud del ciclo $C = r + g$

Rojo efectivo $r = C - g$ r (seg) = 28

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad t_0 \text{ (seg)} = 28$$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq) $Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$

$$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad Pq = 1,17$$

Proporción de vehículos detenidos (Ps) $Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$

$$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad Ps = 1,17$$

Longitud máxima de la cola (Qm) servicio = 0

$$Qm = \lambda * r \quad Qm \text{ (veh)} = 1,4$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \bar{Q}_q \text{ (veh)} = 0,7$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{C} \right) * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad \bar{Q} \text{ (veh)} = 0,82$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (dm)

$$dm = r \quad dm \text{ (seg)} = 28$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad D \text{ (seg/veh)} = 39,2$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad d \text{ (seg/veh)} = 16,33$$

3.8.2. Análisis determinístico en intersecciones con semáforo con régimen D/D/1

Calle Domingo Paz - Campero A-1

Datos de entrada

Tabla 3.52 Datos de entrada para el análisis determinístico

Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Longitud de ciclo (C)	Verde efectivo (g)
(veh/h)	(veh/h)	(veh/seg)	(veh/seg)	(seg)	(seg)
515	258	0,14	0,07	40	20

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de efectividad

Factor de utilización o intensidad de tránsito $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

En este caso, $\mu = s$: se tiene $\rightarrow \rho = \frac{\lambda}{s}$

$\rho = \frac{\lambda}{s} \quad \rho = 0,50$

Longitud del ciclo $C = r + g$

Rojo efectivo $r = C - g \quad r \text{ (seg)} = 20$

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo

$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad t_0 \text{ (seg)} = 20$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq) $Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$

$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad Pq = 1$

Proporción de vehículos detenidos (Ps) $Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$

$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad Ps = 1$

Longitud máxima de la cola (Qm) servicio = 0

$$Q_m = \lambda * r \quad Q_m (\text{veh}) = 1,4$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \bar{Q}_q (\text{veh}) = 0,7$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{c} \right) * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad \bar{Q} (\text{veh}) = 0,7$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (dm)

$$dm = r \quad dm (\text{seg}) = 20$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad D (\text{seg/veh}) = 28$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad d (\text{seg/veh}) = 10$$

A-2

Datos de entrada

Tabla 3.53 Datos de entrada para el análisis determinístico

Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Flujo de saturación (S)	Tasa media de llegadas (λ)	Longitud de ciclo (C)	Verde efectivo (g)
(veh/h)	(veh/h)	(veh/seg)	(veh/seg)	(seg)	(seg)
544	272	0,15	0,08	40	20

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de efectividad

Factor de utilización o intensidad de tránsito $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

En este caso, $\mu = s$: se tiene $\longrightarrow \rho = \frac{\lambda}{s}$

$$\rho = \frac{\lambda}{s} \quad \rho = 0,53$$

$$\begin{aligned} \text{Longitud del ciclo} & \quad C = r + g \\ \text{Rojo efectivo} & \quad r = C - g \quad r \text{ (seg)} = 20 \end{aligned}$$

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad t_0 \text{ (seg)} = 22,55$$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq) $Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$

$$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad Pq = 1,06$$

Proporción de vehículos detenidos (Ps) $Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$

$$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad Ps = 1,06$$

Longitud máxima de la cola (Qm) servicio = 0

$$Qm = \lambda * r \quad Qm \text{ (veh)} = 1,60$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \bar{Q}_q \text{ (veh)} = 0,80$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{C} \right) * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad \bar{Q} \text{ (veh)} = 0,85$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (dm)

$$dm = r \quad dm \text{ (seg)} = 20$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad D \text{ (seg/veh)} = 34,04$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad d \text{ (seg/veh)} = 10,64$$

A-3

Datos de entrada

Tabla 3.54 Datos de entrada para el análisis determinístico

Flujo de saturación (S) (veh/h)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/h)	Flujo de saturación (S) (veh/seg)	Tasa media de llegadas (λ) (veh/seg)	Longitud de ciclo (C) (seg)	Verde efectivo (g) (seg)
354	177	0,10	0,05	40	16

Fuente: Elaboración propia

Indicadores de efectividad

Factor de utilización o intensidad de tránsito $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

En este caso, $\mu = s$: se tiene $\longrightarrow \rho = \frac{\lambda}{s}$

$$\rho = \frac{\lambda}{s} \quad \rho = 0,5$$

Longitud del ciclo $C = r + g$

Rojo efectivo $r = C - g$ $r \text{ (seg)} = 24$

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo

$$t_0 = \frac{\rho * r}{1 - \rho} \quad t_0 \text{ (seg)} = 24$$

Proporciones de un ciclo en una cola (Pq) $Pq = \frac{\text{tiempo en cola}}{\text{longitud del ciclo}}$

$$Pq = \frac{r + t_0}{C} \quad Pq = 1,2$$

Proporción de vehículos detenidos (Ps) $Ps = \frac{\text{vehículos detenidos}}{\text{vehículos totales por ciclo}}$

$$Ps = \frac{t_0}{\rho * C} \quad Ps = 1,2$$

Longitud máxima de la cola (Qm) servicio = 0

$$Q_m = \lambda * r \quad Q_m (\text{veh}) = 1,2$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (\bar{Q}_q)

$$\bar{Q}_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad \bar{Q}_q (\text{veh}) = 0,6$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (\bar{Q})

$$\bar{Q} = \left(\frac{r + t_0}{c} \right) * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad \bar{Q} (\text{veh}) = 0,72$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (dm)

$$d_m = r \quad d_m (\text{seg}) = 24$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D)

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad D (\text{seg/veh}) = 22.26$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d)

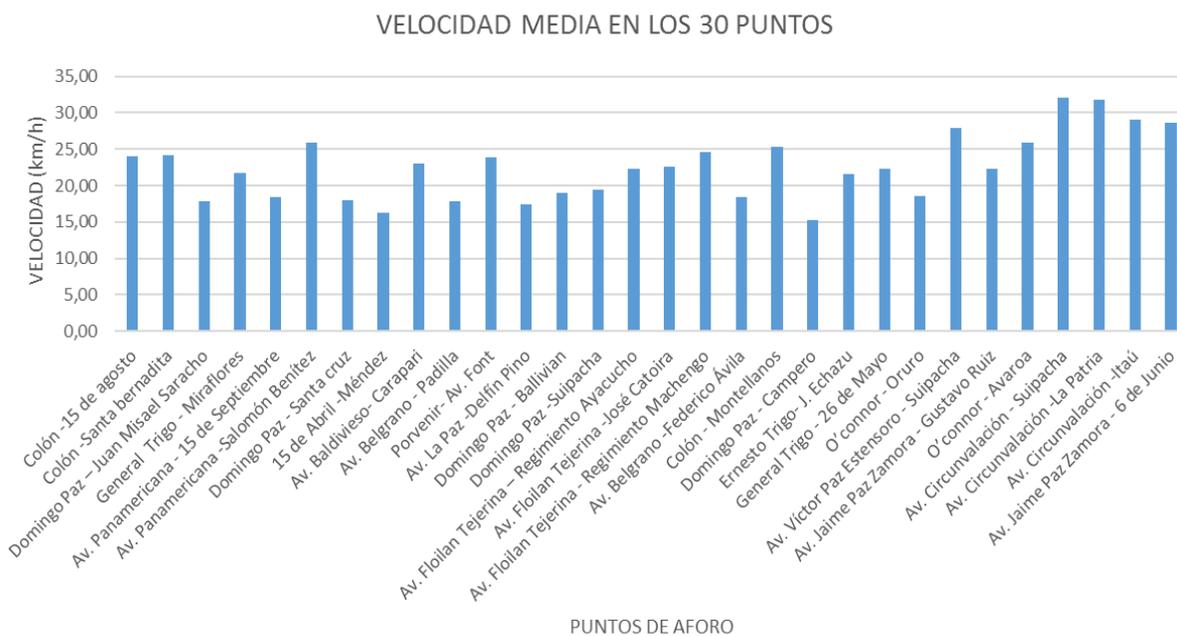
$$d = \frac{r^2}{2 * C * (1 - \rho)} \quad d (\text{seg/veh}) = 11.46$$

3.9. 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 la ciudad, tanto de servicio público como del servicio privado ocasionando congestión del tráfico vehicular por las arterias de nuestra ciudad en las horas pico por la cual se hace necesario realizar un análisis de la velocidad del transporte urbano. Primero se presenta el análisis de la velocidad de punto

Velocidad de punto

Figura 4.45 Velocidad en los 30 puntos aforados del transporte público

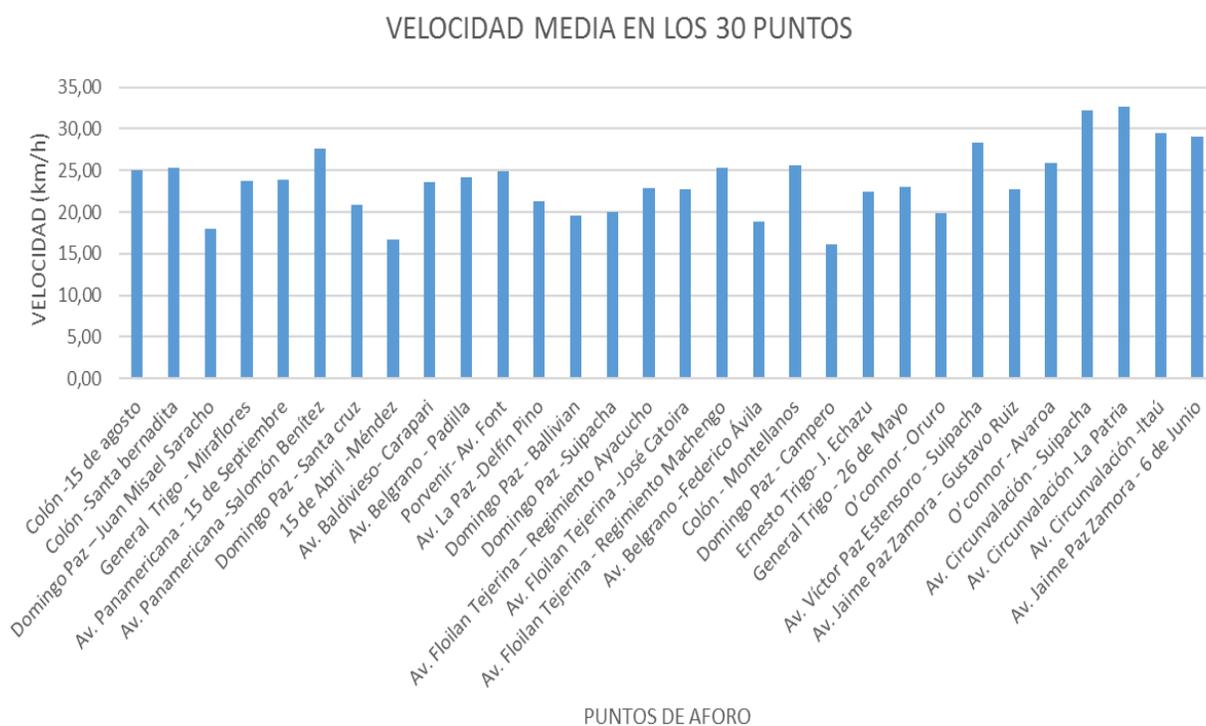


Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa la velocidad promedio del transporte público de las treinta intersecciones, que se determinó mediante aforos. Analizando los resultados de todos los puntos se determinó, que las velocidades medidas en el área céntrica de la ciudad donde existe mayor densidad vehicular, conformada por la calle Domingo Paz hasta la calle O'connor-Oruro son bajas y están entre 15,33-18,51 km/h, esto debido al poco ancho de calzada, 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 congestión vehicular y colas que se forman en cada calle céntrica de la ciudad, esencialmente por la circulación de micros.

En las intersecciones de la av. Circunvalación, av. Víctor Paz Estensoro donde las velocidades de las vías son más altas en comparación con las velocidades de las vías del centro, porque no cuenta con mucha presencia de semáforos en la mayoría de sus accesos y los anchos de carril de las avenidas tienen mayor capacidad vehicular por donde se pueden mover con más fluidez.

Figura 4.46 Velocidad en los 30 puntos aforados del transporte privado

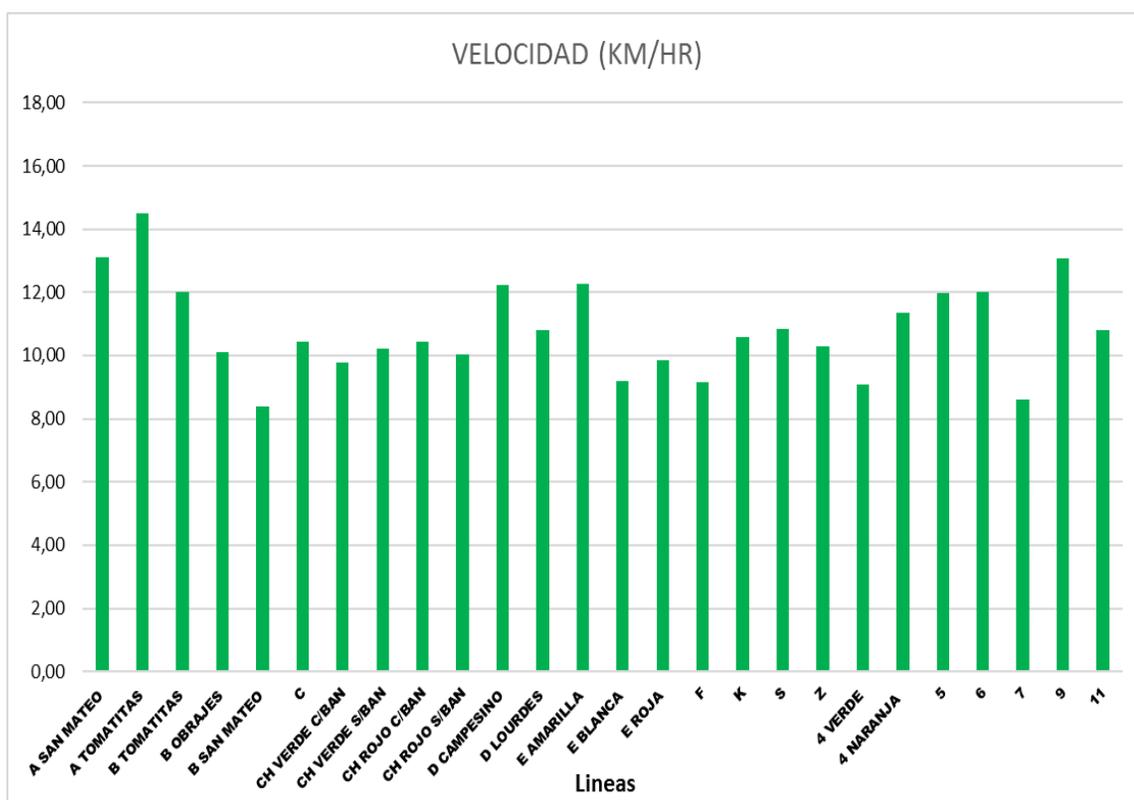


Fuente: Elaboración propia

Del análisis de la figura se puede apreciar la incidencia que tiene la velocidad del transporte privado respecto a la velocidad del transporte público, que es provocado generalmente por la circulación de los micros que ocupan gran parte del ancho de carril provocando que los conductores estén forzados a circular más juntos el uno al otro y paralelamente también disminuye la velocidad, que se da comúnmente cuando transitan por el casco histórico de la ciudad estimando tiempos de demoras, gastos excesivos de combustible y malestares en los usuarios, las velocidades en las calles del centro de la ciudad como la Domingo Paz-Campero tienen velocidades bajas de 16,13 km/h, mientras que en las avenidas Circunvalación, Víctor Paz E., Jaime Paz Z., tienen velocidades más elevadas llegando a los 33 km/h, que circulan con más rapidez y más eficiencia.

Velocidad de recorrido total

Figura 3.47 Velocidad de recorrido total de micros



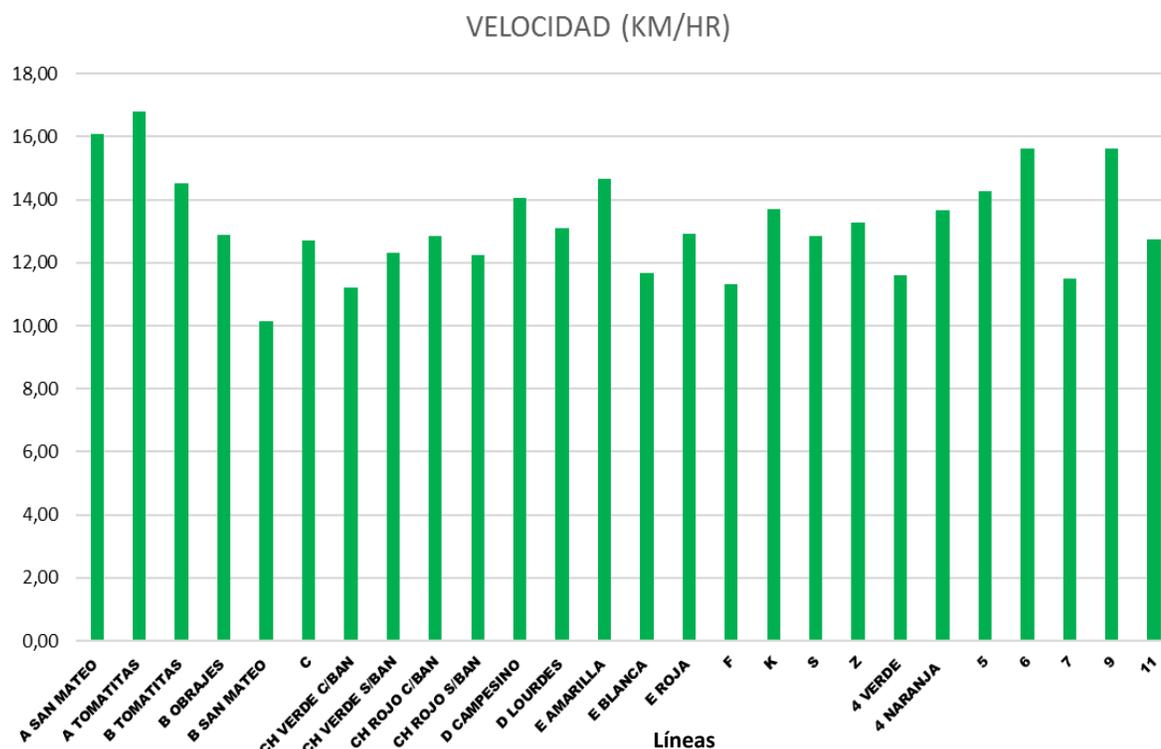
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se puede identificar las líneas y la velocidad de recorrido total de micros, se observa que son velocidades bajas debido a que los tiempos de circulación y tiempo de demoras están incluidos en la velocidad de recorrido total, provocando mayor tiempo de circulación y menor velocidad, en el caso de la línea B San Mateo que alcanza a los 8,44 km/h y la línea 7 alcanza 8,61 km/h, esto también se debe al trayecto de su ruta con recorridos de vuelta completa que van de distancias de 17,56 km a 33,00 km por donde ya están definidas en comparación a las velocidades de punto son más bajas, mediante estos valores podemos elegir la línea que vaya con mejor fluidez y eficiencia de circulación para trasladarse de un lugar a otro.

En el análisis de la misma se advierte que típicamente las velocidades de recorrido total se encuentran en un rango de 8,44 km/h hasta 14,51 km/h independientemente de la distancia que recorren.

Velocidad de cruceo

Figura 3.48 Velocidad de cruceo



Fuente: Elaboración propia

En nuestra ciudad, provincia Cercado se cuenta con recorridos de vuelta completa que atraviesan distancias de 17,56 km a 33,00 km con velocidad de cruceo que están desde 10,16 km/h a 16,80 km/h.

En el gráfico de velocidad de cruceo se observa que la velocidad más baja es de la línea B San Mateo que alcanza 10,16 km/h y de la línea 7 es 11,51 km/h. Después de hacer el análisis se interpretó que es una velocidad menor que la velocidad de punto, y de modo contrario esta velocidad sería mayor a la velocidad de recorrido

Sin embargo, también se identificó que las líneas con menor participación en el área central y recorrido suburbano ocasionan velocidades de circulación mayor a las líneas que circulan por el área central, esto debido al mayor flujo de tráfico que existe en el área central ocasionando disminución de la velocidad.

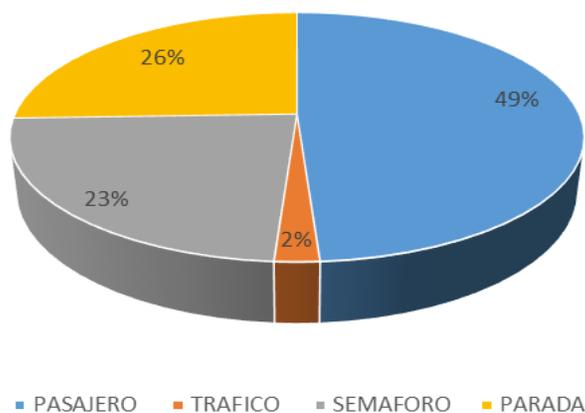
Mediante datos y gráficos se identifica las demoras y como actúa el congestionamiento en la velocidad de recorrido, de 4 líneas de transporte público que demoran más tiempo al realizar una vuelta cuando pasan por las vías céntricas de nuestra ciudad.

Tabla 3.55 Tiempo de demoras de la línea A

Tiempo de demora	Línea A San Mateo	Tiempo de demora en (%)
Pasajero	0,23	49
Tráfico	0,01	2
Semáforo	0,11	23
Parada	0,12	26
td (hr)	0,47	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.49 Porcentaje de demoras de la línea A
Linea A San Mateo



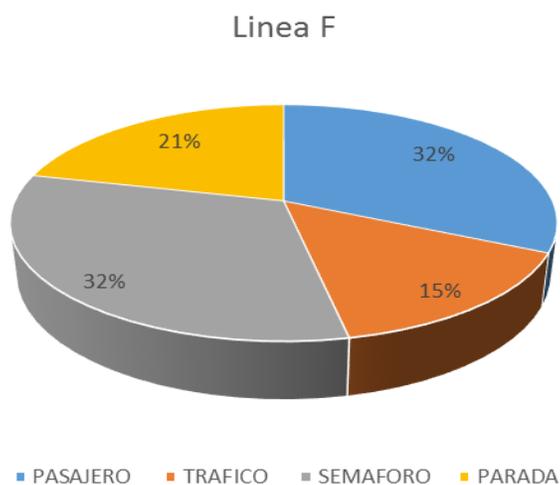
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.56 Tiempo de demoras de la línea F

Tiempo de demora	Línea F	Tiempo de demora en (%)
Pasajero	0,15	32
Tráfico	0,07	15
Semáforo	0,15	32
Parada	0,10	21
td (hr)	0,47	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.50 Porcentaje de demoras de la línea F



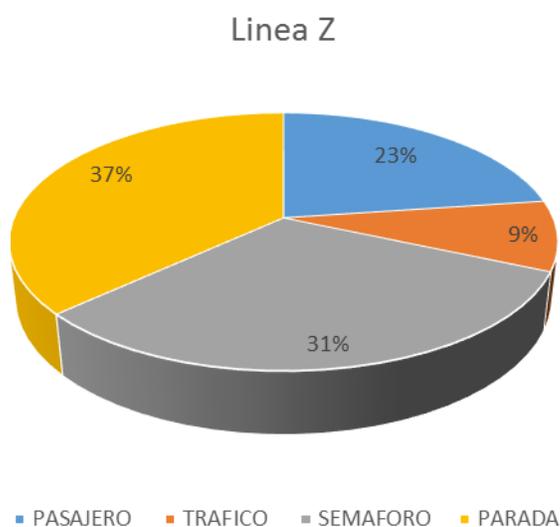
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.57 Tiempo de demoras de la línea Z

Tiempo de demora	Línea Z	Tiempo de demora en (%)
Pasajero	0,13	23
Tráfico	0,05	9
Semáforo	0,18	31
Parada	0,21	37
td (hr)	0,57	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.51 Porcentaje de demoras de la línea Z



Fuente: Elaboración propia

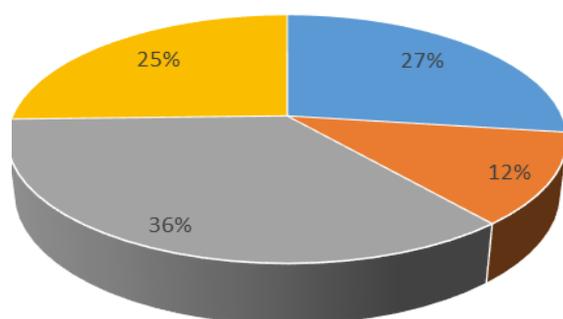
Tabla 3.58 Tiempo de demoras de la línea 7

Tiempo de demora	Línea 7	Tiempo de demora en (%)
Pasajero	0,16	27
Tráfico	0,07	12
Semáforo	0,21	36
Parada	0,15	25
td (hr)	0,59	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.52 Porcentaje de demoras de la línea 7

Línea 7



■ PASAJERO ■ TRAFICO ■ SEMAFORO ■ PARADA

Fuente: Elaboración propia

Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de su ruta, tipo y magnitud de las demoras de tránsito expresada en horas, la calidad de flujo se mide por las velocidades de recorrido.

Con estos datos se identifica las líneas de micros que ingresan por el centro de nuestra ciudad las cuales tienden a tener mayor tiempo de demora y velocidades bajas a la vez provocando congestión ya sea debido, al poco ancho de calzada, curvas cerradas, superficie del pavimento en mal estado o pendientes existentes.

Observando las tortas se identifica que el tiempo de parada es donde se pierde más tiempo cuando circula el micro en este caso de la línea A que es de 0,23 hr equivale el 49 %, también se observó que la línea A tiene mayor tiempo de demoras que cruzan por las vías céntricas que es de 0,47 horas que es el 100 % de las demoras.

Análisis del congestionamiento

Calle: 15 de Abril - Méndez (A-1, A-2)

Tabla 3.59 Demora promedio de tránsito por ciclo

Demora (seg/veh)	Observaciones
10	Congestión
16	Congestión

Fuente: Elaboración propia

Calle: Domingo Paz - Campero (A-1, A-2, A-3)

Tabla 3.60 Demora promedio de tránsito por ciclo

Demora (seg/veh)	Observaciones
10	Congestión
10	Congestión
11	Congestión

Fuente: Elaboración propia

Del análisis determinístico mediante los datos obtenidos anteriormente, se puede observar que la demora promedio de tránsito por ciclo es de 10 a 16 seg/veh, en las horas pico cuando el tráfico vehicular alcanza un nivel de servicio inestable provocando espera en la corriente vehicular, así mismo produciendo que las velocidades sean bajas en las intersecciones donde se realizara el análisis determinístico.

Sin embargo, también se observó los tiempos en verde son menores o iguales a la mitad del ciclo, lo que también provoca el congestionamiento.

Para ello se propone un incremento de tiempo en fase verde, sin alterar el ciclo para mejorar el comportamiento de tráfico con mayor fluidez en la velocidad.

3.10. Influencia de la velocidad en el congestionamiento

Con el transcurso del tiempo, el aumento explosivo de la población y con ello el nacimiento de nuevos barrios, urbanizaciones, se tiene como consecuencia el incremento del parque automotor en la ciudad, tanto del servicio público como del servicio privado ocasionando por las arterias céntricas de nuestras ciudad el efecto congestionamiento del tráfico vehicular del transporte urbano.

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de una vía es la velocidad de los vehículos. Que nos sirve para medir la calidad del movimiento del tránsito mediante la velocidad de punto, la velocidad de recorrido.

Las velocidades de punto se clasificaran en 3 según el tipo, congestión en vías de circulación continua, congestión de circulación en vías discontinuas y donde no exista congestionamiento con flujo libre.

En la siguiente tabla se observa las calles y avenidas de estudio y la velocidad de del transporte público tanto como del transporte privado.

Tabla 3.61 Resumen de velocidades

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Velocidad (km/h)	
			Publico	Privado
1	Colón - 15 de Agosto	1	24,21	25,45
		2	23,95	24,67
2	Colón - Santa Bernadita	1	24,44	25,89
		2	23,83	24,83
3	Domingo Paz - Juan Misael Saracho	1	15,67	15,87
		2	19,79	19,25
		3	18,03	18,84
4	General Trigo - Miraflores	1	21,69	23,67
5	Av. Panamericana - 15 de Septiembre	1	18,65	23,86
		2	18,32	23,79
6	Av. Panamericana - Salomón Benítez	1	28,36	29,81
		2	23,56	25,28
7	Domingo Paz - Santa cruz	1	17,96	20,80
8	15 de Abril - Méndez	1	16,71	17,13
		2	15,90	16,22
9	Av. Baldivieso - Carapari	1	22,71	23,25
		2	23,21	24,07
10	Av. Belgrano - Av. Padilla	1	18,46	24,52
		2	17,29	23,92

11	Porvenir - Av. Font	1	23,92	24,91
12	Av. La Paz - Delfín Pino	1	17,99	22,23
		2	16,74	20,37
13	Domingo Paz - Ballivian	1	17,89	18,38
		2	20,03	20,76
14	Domingo Paz - Suipacha	1	18,13	18,78
		2	20,81	21,34
15	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho	1	22,72	23,23
		2	21,80	22,40
16	Floilan Tejerina - José Catoira	1	23,21	23,49
		2	21,94	22,05
17	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo	1	23,93	24,98
		2	25,27	25,71
18	Av. Belgrano - Federico Ávila	1	18,95	19,12
		2	17,79	18,69
19	Colon - Montellanos	1	25,82	26,01
		2	24,76	25,04
20	Domingo Paz - Campero	1	14,82	15,55
		2	18,79	18,96
		3	12,39	13,87
21	Ernesto Trigo - J. Echazu	1	23,57	24,33
		2	19,58	20,56
22	General Trigo - 26 de Mayo	1	23,95	25,22
		2	23,73	24,71
		3	22,86	22,96
		4	18,34	19,02
23	O'connor - Oruro	1	18,51	19,86
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha	1	33,10	33,16
		2	22,69	23,48
25	Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz	1	24,79	25,02
		2	19,91	20,50
26	O'connor - Avaroa	1	26,35	26,51
		2	25,42	25,17
27	Av. Circunvalación - Suipacha	1	32,71	33,03
		2	31,51	31,49
28	Av. Circunvalación - La Patria	1	32,22	33,20
		2	31,23	32,16
29	Av. Circunvalación - Itaú	1	29,99	30,57
		2	28,18	28,39
30	Av. Jaime Paz Zamora - 6 de Junio	1	27,32	27,75
		2	30,02	30,44

Fuente: Elaboración propia

Mediante rangos de velocidades en km/h se clasifico el tipo de congestionamiento que se genera en la ciudad, congestión en vías de circulación continua estará en un rango de 12 - 19 km/h, la congestión de circulación en vías discontinuas 20-25 km/h, no hay congestionamiento con flujo libre 26 - 33 km/h.

- Congestión en vías de circulación continua 12 - 18 km/h

Tabla 3.62 Congestión en vías de circulación continua

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Velocidad (km/h)	
			Público	Privado
3	Domingo Paz - Juan Misael Saracho	1	15,67	15,87
		2	19,79	19,25
		3	18,03	18,84
5	Av. Panamericana - 15 de Septiembre	1	18,65	23,86
		2	18,32	23,79
7	Domingo Paz - Santa cruz	1	17,96	20,80
8	15 de Abril - Méndez	1	16,71	17,13
		2	15,90	16,22
10	Av. Belgrano - Av, Padilla	1	18,46	24,52
		2	17,29	23,92
12	Av. La Paz - Delfín Pino	1	17,99	22,23
		2	16,74	20,37
13	Domingo Paz - Ballivian	1	17,89	18,38
		2	20,03	20,76
14	Domingo Paz - Suipacha	1	18,13	18,78
		2	20,81	21,34
18	Av. Belgrano - Federico Ávila	1	18,95	19,12
		2	17,79	18,69
20	Domingo Paz - Campero	1	14,82	15,55
		2	18,79	18,96
		3	12,39	13,87
23	O'connor - Oruro	1	18,51	19,86

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla las velocidades del transporte público y privado en las intersecciones más congestionadas que ocurre cuando el flujo es forzado y todos los vehículos van en pelotones que superan la demanda de tráfico a la oferta, analizando los aforos se observó que las velocidades más bajas se ubican en calle Domingo Paz-Campero que es de 12,39 km/h, debido al exceso de las líneas de micros que circulan por dicho carril de un solo sentido en horarios picos los cuales son: 7-D-S-B-9-4-A-11-Z, ocupando

el 50 - 70 % de la capacidad de la calle provocando congestión vehicular al mismo tiempo mayores tiempos de demoras, excesivo consumo de combustible y afectando al medio ambiente mediante con el humo que lanza cuando transporte esta estático y de repente acelera o en curvas cerradas.

Sin embargo, también se observa en la av. Domingo Paz en la misma intersección también transitan mayor número de líneas de micros que son: 7-4-A-C-9-B-E-F-Z-S provocando embotellamiento en toda la cuadra esto también se da por el poco ancho de calzada y estacionamientos en lugares indebidos, provocando congestión vehicular y colas que se forman en cada calle céntrica, esencialmente por la circulación de micros.

- Congestión de circulación en vías discontinuas 19 - 25 km/h

Tabla 3.63 Congestión de circulación en vías discontinuas

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Velocidad (km/h)	
			Público	Privado
1	Colón - 15 de Agosto	1	24,21	25,45
		2	23,95	24,67
2	Colón - Santa Bernadita	1	24,44	25,89
		2	23,83	24,83
4	General Trigo - Miraflores	1	21,69	23,67
9	Av. Baldivieso - Carapari	1	22,71	23,25
		2	23,21	24,07
11	Porvenir - Av. Font	1	23,92	24,91
15	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Ayacucho	1	22,72	23,23
		2	21,80	22,40
16	Floilan Tejerina - José Catoira	1	23,21	23,49
		2	21,94	22,05
21	Ernesto Trigo - J. Echazu	1	23,57	24,33
		2	19,58	20,56
22	General Trigo - 26 de Mayo	1	23,35	25,22
		2	23,73	24,71
		3	22,86	22,96
		4	18,34	19,02
25	Av. Jaime Paz Zamora - Gustavo Ruiz	1	24,79	25,02
		2	19,91	20,50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa las velocidades que están en un rango de 20-25 km/h, lo cual se clasifica como congestión de circulación en vías discontinuas que ocurre cuando existe

cambios de velocidad repentinos y existe espacio para albergar vehículos detenidos sin que estos impidan la circulación con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico.

La variación del volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación, los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos

- No existe congestión 26 - 33 km/h

Tabla 3.64 No existe congestión

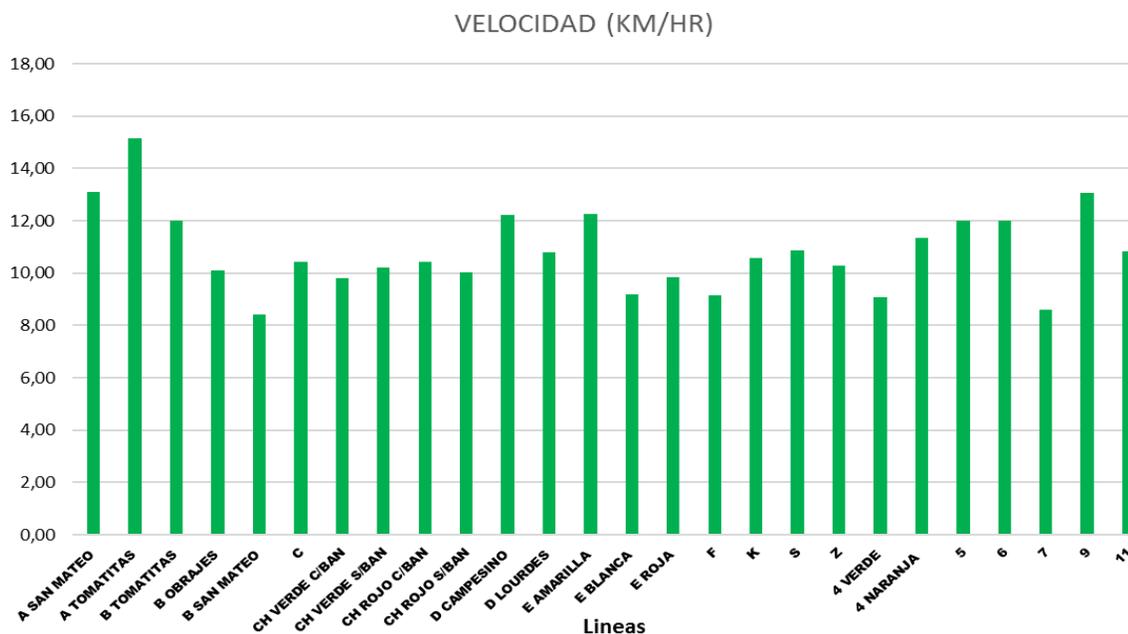
Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Velocidad (km/h)	
			Público	Privado
6	Av. Panamericana - Salomón Benítez	1	28,36	29,81
		2	23,56	25,28
17	Av. Floilan Tejerina - Regimiento Machengo	1	23,93	24,98
		2	25,27	25,71
19	Colon - Montellanos	1	25,82	26,01
		2	24,76	25,04
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Suipacha	1	33,10	33,16
		2	22,69	23,48
26	O'connor - Avaroa	1	26,35	26,51
		2	25,42	25,17
27	Av. Circunvalación - Suipacha	1	32,71	33,03
		2	31,55	31,49
28	Av. Circunvalación - La Patria	1	32,22	33,20
		2	31,23	32,16
29	Av. Circunvalación - Itaú	1	29,99	30,57
		2	28,18	28,39
30	Av. Jaime Paz Zamora- 6 de Junio	1	27,32	27,75
		2	30,02	30,44

Fuente: Elaboración propia

Puesto que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad de allí que si todos los vehículos viajaran a igual velocidad, la capacidad sería máxima y los accidentes serían minimizados, en este caso no existe congestión y tiene un flujo de velocidad eficaz en el cual se puede realizar maniobras esto debido al suficiente ancho de carril que presenta dichas vías, y que también es debido que los puntos de intersección se encuentran en vías suburbanas con menos cantidad de volumen y velocidades más altas.

- La influencia de la velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas, ya sea una con otra, o bien en una misma ruta. por motivos de tráfico ocasionando congestionamientos en las calles céntricas de nuestra ciudad.

Figura 3.53 velocidad de recorrido total



Fuente: Elaboración propia

Como se identifica en la gráfica las velocidades de recorrido de las líneas de micros son bajas esto debido al congestionamiento que existe en el transcurso de viaje y demoras producidas durante recorrido tanto de ida como de vuelta en sus rutas.

Mediante un diagrama se puede demostrar que los tiempos de demora de las líneas que ingresan por la zona central de nuestra ciudad son considerables, debido al excesivo volumen de micros que ingresa en las vías céntricas, provocando congestionamiento y mayor tiempo de viaje y menores velocidades.

3.11. Análisis de alternativas de solución para evitar el congestionamiento

3.11.1. Redistribución de rutas de líneas del transporte público

En base al análisis y al diagnóstico realizado se procede a plantear soluciones al problema del transporte público urbano en nuestra ciudad.

Una vez visto todos los aspectos de circulación en los que está inmerso el transporte público diremos que uno de los más importantes problemas es el congestionamiento que este provoca sobre todo en las calles con alto volumen de tráfico por lo cual nuestra propuesta está basada en plantear soluciones basadas en la redistribución de líneas.

La redistribución de rutas de líneas de transporte público es la única manera de poder reducir y descongestionar el flujo vehicular de los mismos y uniformizar el flujo vehicular y peatonal en las zonas más congestionadas, como la calle Campero y av. Domingo Paz, le dará una solución a corto, mediano y largo plazo, para un óptimo funcionamiento de las vías de la ciudad.

Para realizar una distribución de rutas de transporte público debemos tomar en cuenta tanto al usuario como a las instituciones de transporte público, el objetivo es el de encontrar un equilibrio que beneficie a ambos.

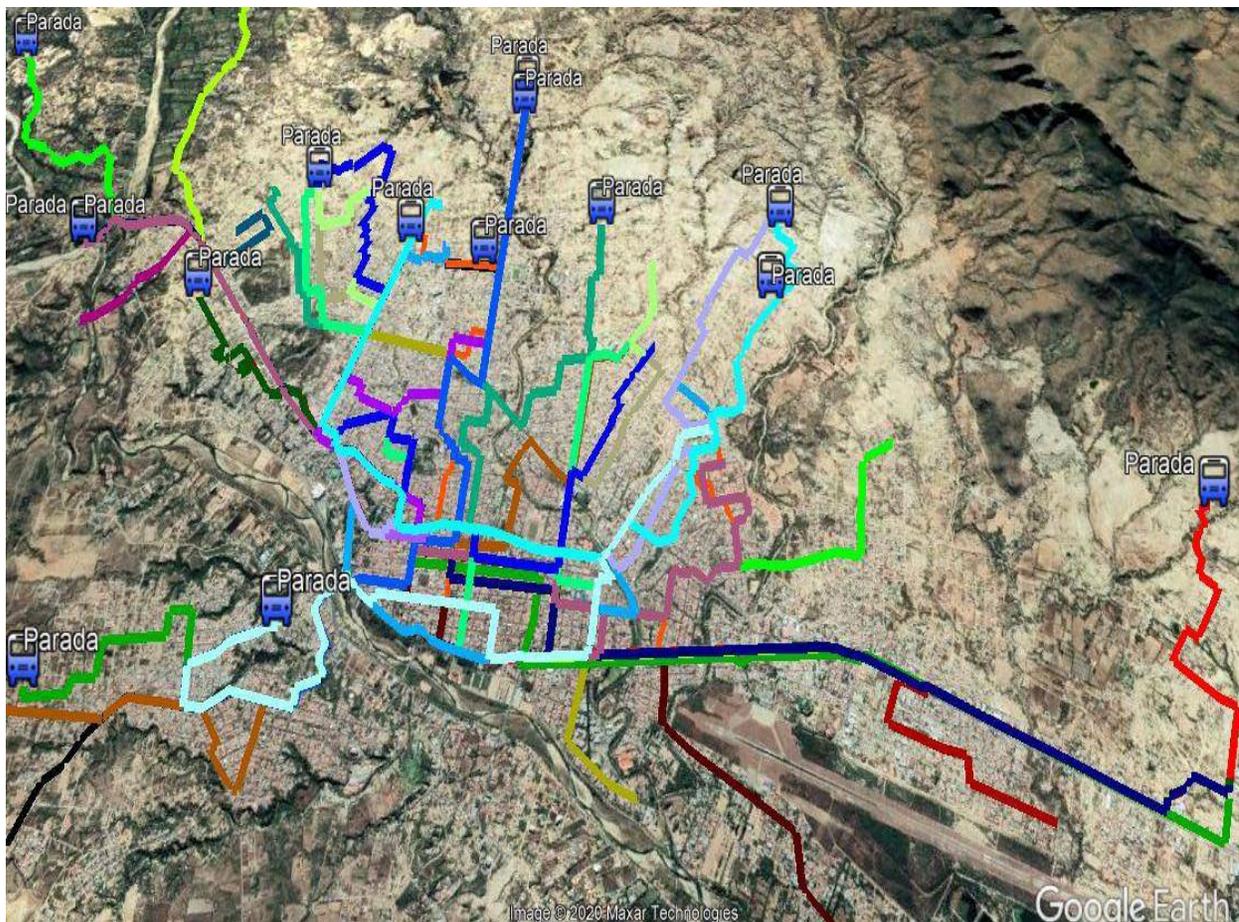
Los cambios realizados a cada una de las líneas de transporte público de las instituciones, retirando 2 líneas del centro de la ciudad en las intersecciones más conflictivas, esto quiere decir un ordenamiento de líneas por cada institución que circula por el centro de la ciudad, no sufriendo estas líneas ningún tipo de alteración en su ruta, el área restringida de ingreso a las líneas de transporte está compuesta por 20 manzanos del casco histórico de la ciudad cuyo perímetro está compuesto por las siguiente vías: av. Domingo Paz , Calle Colon, calle 15 de Abril y la calle Campero.

En base a la información recaudada los datos muestran que las calles con mayor circulación de líneas de transporte público en nuestra ciudad son:

Sentido de sur a norte calle Campero = 9 líneas, de norte a sur av. Domingo Paz = 10 líneas, Mediante mapa se visualiza las rutas por donde circula el transporte público de los micros y realizaremos la redistribución de líneas donde exista mayores líneas de micros.

Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija sur a norte

Figura 3.54 Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija



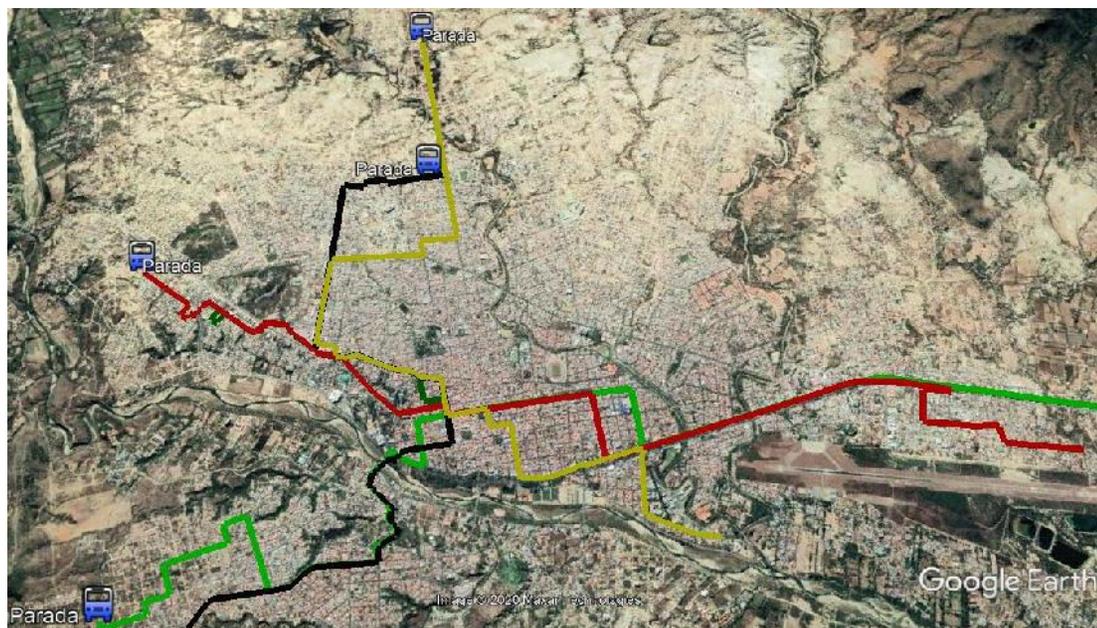
Fuente: Elaboración propia

Para entrar a más detalle mediante mapas se visualiza a las cuatro instituciones de líneas de micros de transporte público y analizaremos la calle donde exista mayor cantidad de líneas de transporte público y realizar la regularización respectiva para poder disminuir el congestionamiento, primero en el sentido de sur a norte y posteriormente en el sentido de norte a sur y se identifica la intersección más conflictiva en cada sentido.

Muchas rutas de micros se superponen especialmente dentro del área céntrica como se muestra en la figura, esto también se debe que en la zona céntrica se cuenta a su alrededor, mercados, colegios y otros establecimientos.

Cooperativa Virgen de Chaguaya

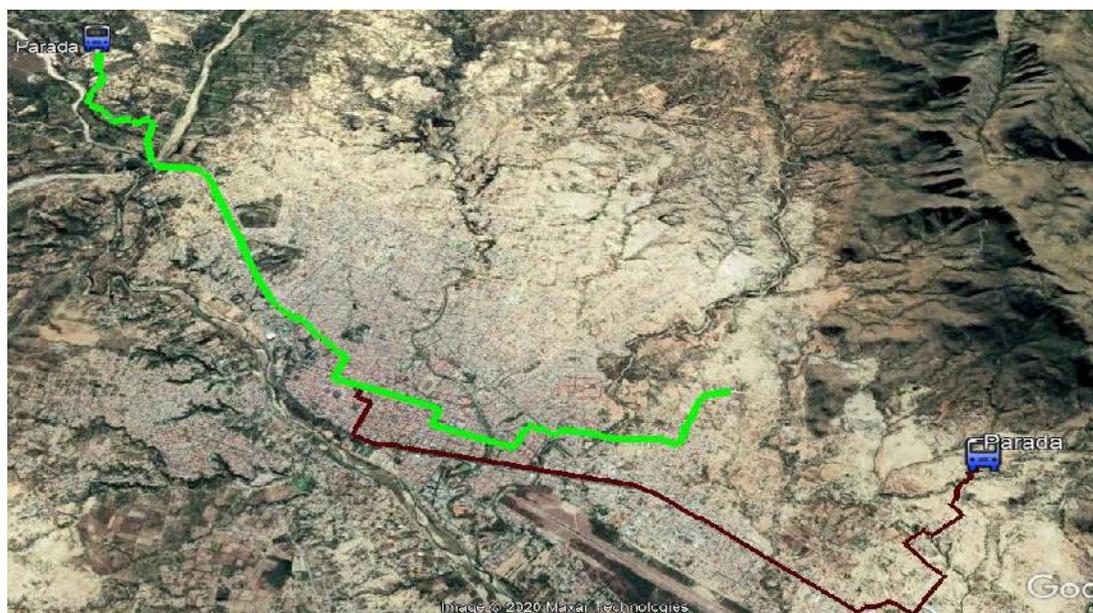
Figura 3.55 Rutas de los micros de cooperativa Virgen de Chaguaya



Fuente: Elaboración propia

Cooperativa Tarija

Figura 3.56 Rutas de los micros de cooperativa Tarija



Fuente: Elaboración propia

Sindicato Luis de Fuentes

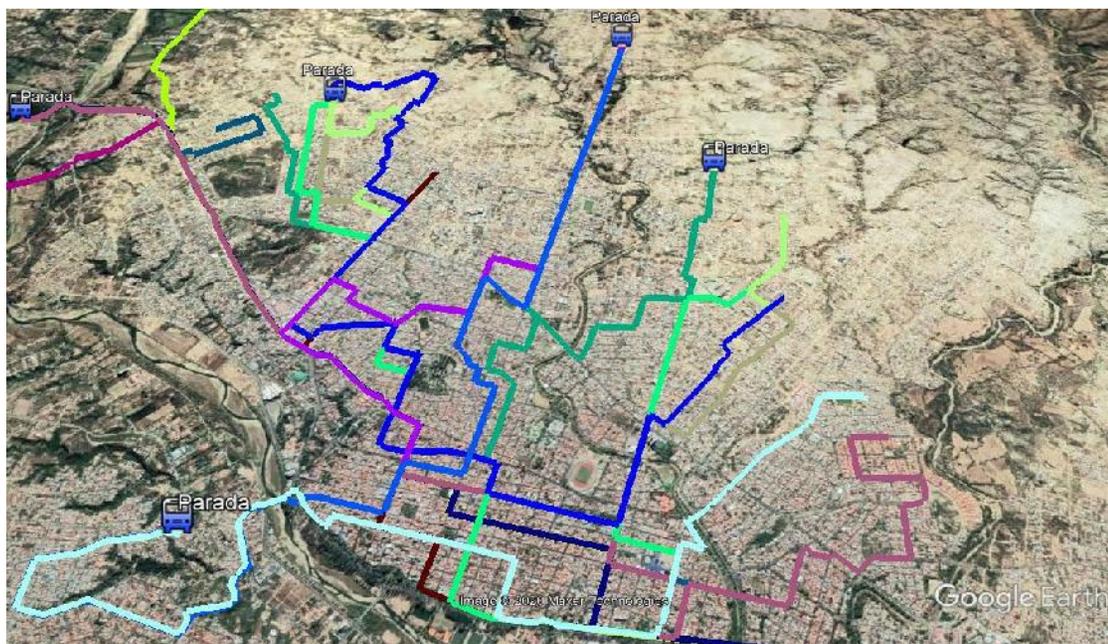
Figura 3.57 Rutas de los micros de sindicato Luis de Fuentes



Fuente: Elaboración propia

Sindicato La tablada

Figura 3.58 Rutas de los micros de sindicato La tablada

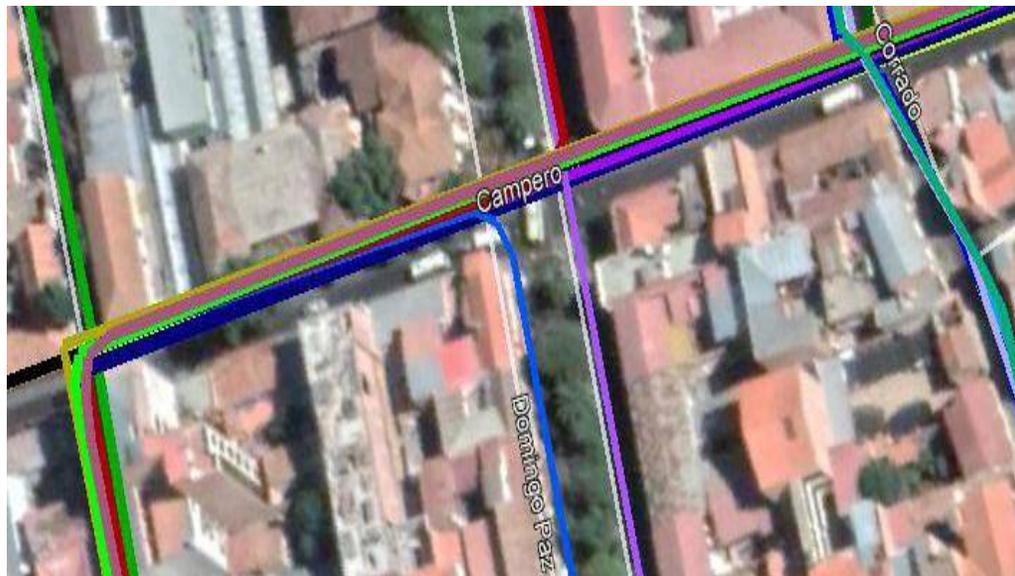


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las anteriores figuras se determinó que la intersección más conflictiva donde circula mayor cantidad de líneas de micros sobre la misma calle o líneas con recorrido similares en el sentido de sur a norte, la calle Campero que transita 9 líneas de micros en un solo carril y sentido, las cuales se detallan a continuación:

- Línea A Sindicato La Tablada.
- Línea B Sindicato La Tablada.
- Línea D Sindicato La Tablada.
- Línea S Sindicato La Tablada.
- Línea 4 Cooperativa “Virgen de Chaguaya”
- Línea 7 Cooperativa “Virgen de Chaguaya”
- Línea 11 Cooperativa “Virgen de Chaguaya”
- Línea 9 Cooperativa Tarija
- Línea Z Cooperativa Tarija.

Figura 3.59 Intersección más crítica de micros de sur a norte



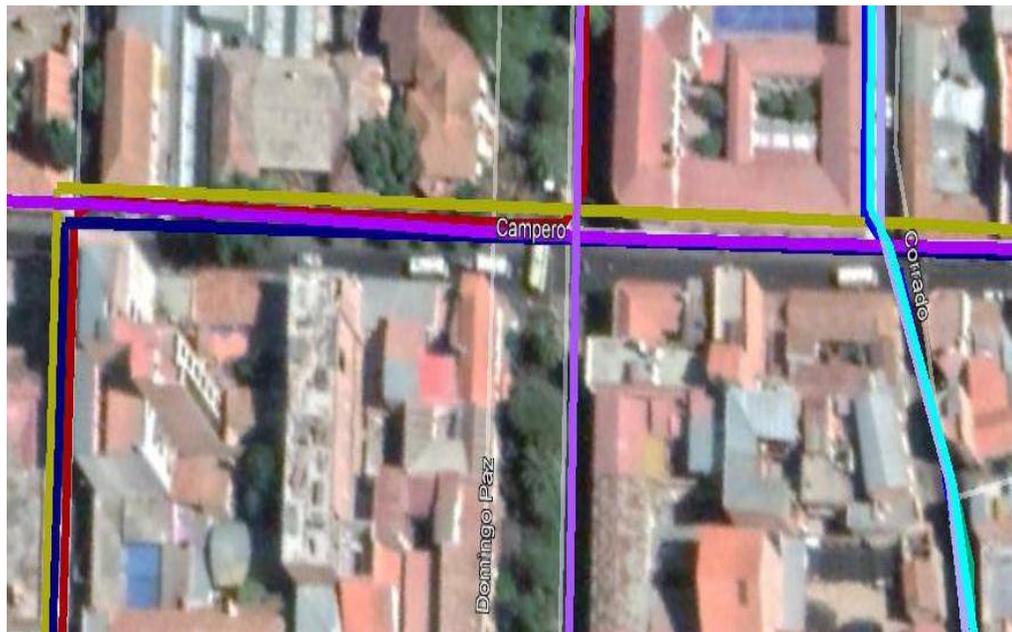
Fuente: Elaboración propia

Con esto decir que el Sindicato La Tablada es la institución con el número mayor de micros en circulación de esta calle ya que tiene 4 líneas las cuales cada línea tiene diferentes micros que circulan por el mismo lugar.

A continuación, se expone gráficamente los cambios propuestos realizados a cada una de las líneas de transporte público de las diferentes instituciones, específicamente en la calle Campero, esto quiere decir que se hará una regularización de las líneas que permitirá el ingreso de 2 líneas por cada institución ya que se cuenta con 4 instituciones y 22 líneas de estudio, no sufriendo estas líneas ningún tipo de alteración en su trayecto de ruta.

De esta manera mediante una regularización podemos descongestionar el flujo de tráfico público en cierta parte, para obtener menores tiempo de demoras y con una mejor fluidez de circulación en las vías céntricas de nuestra ciudad.

Figura 3.60 Reducción de las líneas de micros de sur a norte



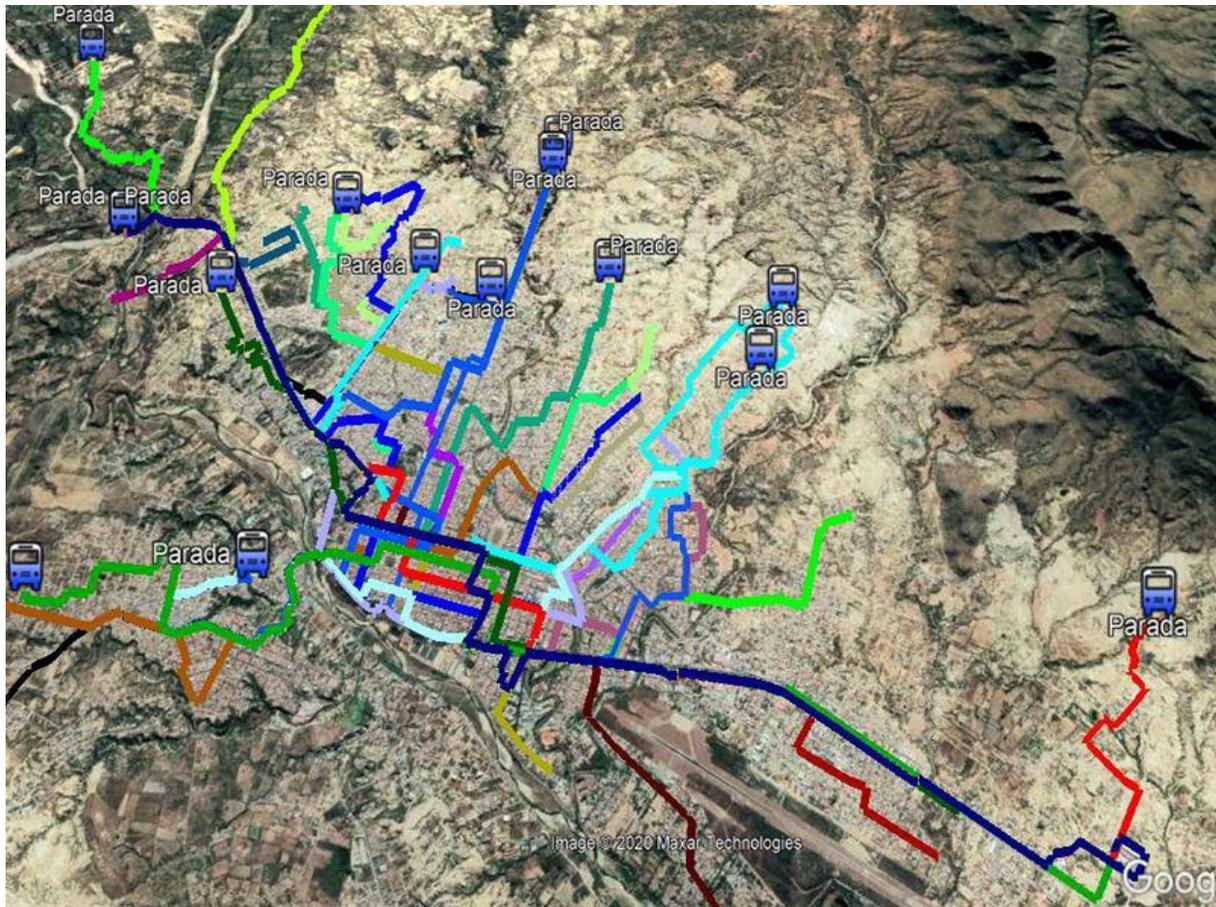
Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista técnico esta propuesta es la adecuada para poder de minimizar el congestionamiento y de esa manera reducir el tráfico público ya que ocupa gran cantidad de la capacidad de la calle y genera colas de vehículos, pero desde el punto de vista social es más complejo ya que el peatón será el más afectado.

Esta solución quiere llegara brindar mayor fluidez vehicular al usuario con velocidades más elevadas y mayor comodidad al circular por las calles céntricas.

Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija norte a sur

Figura 3.61 Rutas de los micros que circula por la ciudad de Tarija

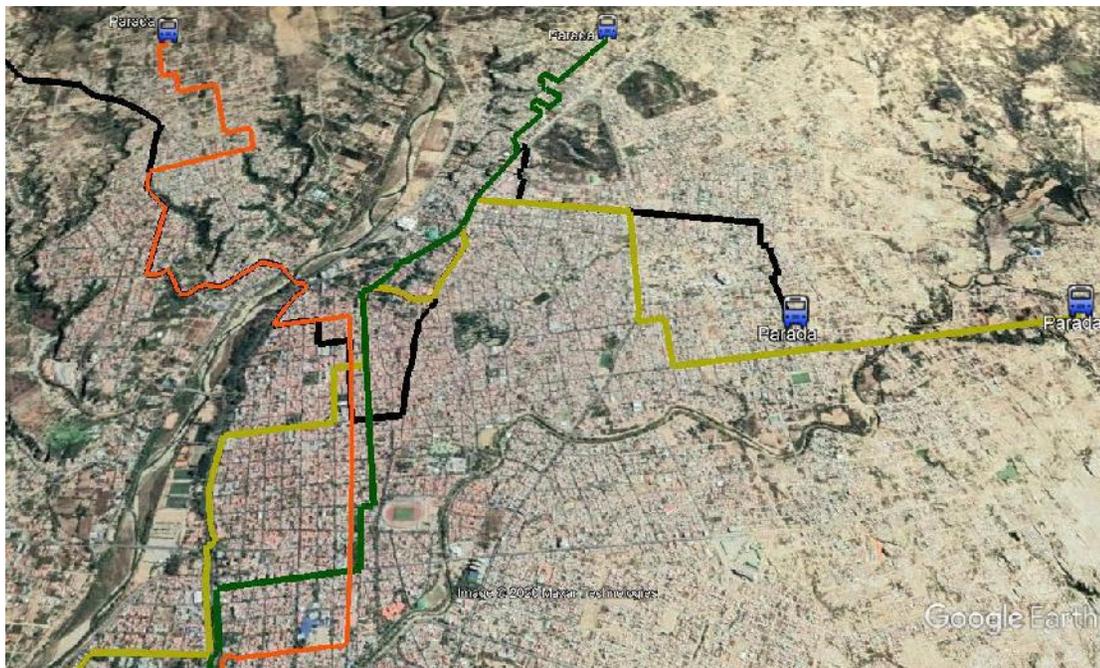


Fuente: Elaboración propia

Para entrar a más detalle mediante mapas visualizaremos a las cuatro instituciones de líneas de transporte público y analizaremos la calle donde circulan mayor cantidad de flujo de micros, en este caso en el sentido de norte a sur, identificaremos la intersección más conflictiva por donde circulan, para poder analizar la cantidad de micros que transita por dicha calle, ya que son la que generar congestión y contralan la velocidad con que circulan los vehículos.

Cooperativa Virgen de Chaguaya

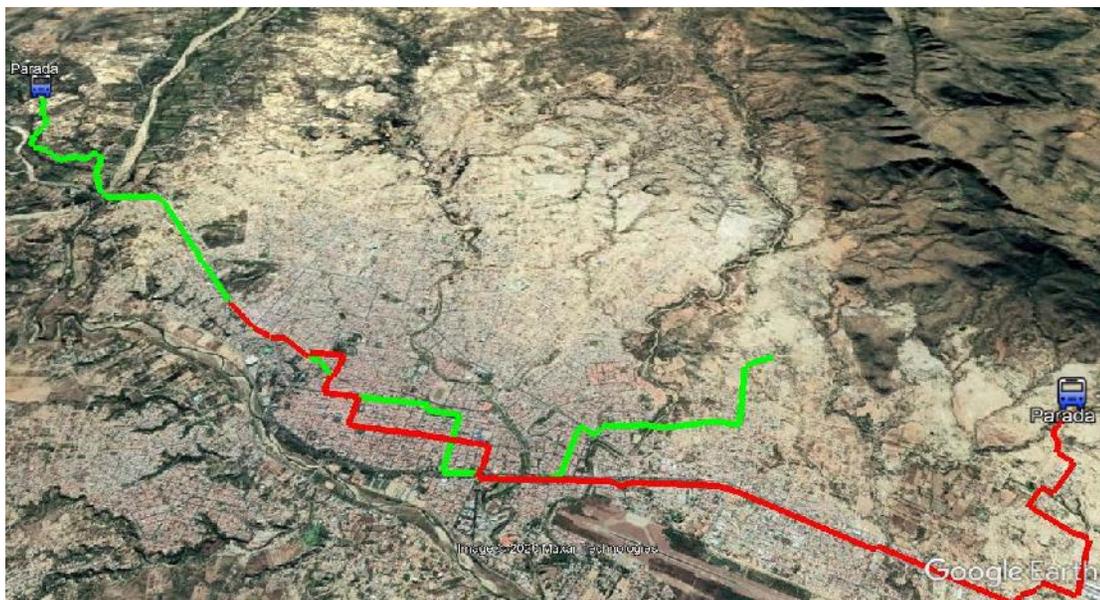
Figura 3.62 Rutas de los micros de cooperativa Virgen de Chaguaya



Fuente: Elaboración propia

Cooperativa Tarija

Figura 3.63 Rutas de los micros de cooperativa Tarija



Fuente: Elaboración propia

Sindicato Luis de fuentes

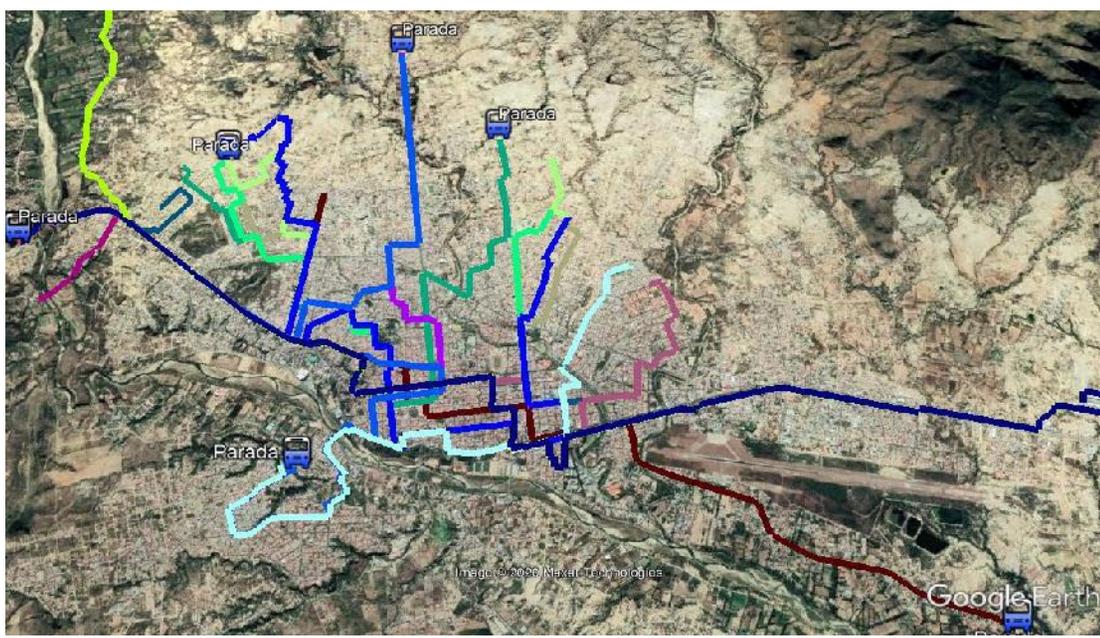
Figura 3.64 Rutas de los micros de sindicato Luis de fuentes



Fuente: Elaboración propia

Sindicato La Tablada

Figura 3.65 Rutas de los micros de sindicato La Tablada



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las anteriores figuras se determinó que la intersección más conflictiva donde circula mayor cantidad de líneas de micros sobre la misma calle o líneas con recorridos similares en el sentido de norte a sur, es la av. Domingo Paz que transitan 10 líneas de micros, las cuales se detallan a continuación:

- Línea A Sindicato La Tablada.
- Línea B Sindicato La Tablada.
- Línea C Sindicato La Tablada.
- Línea 4 Cooperativa “Virgen de Chaguaya”
- Línea 7 Cooperativa “Virgen de Chaguaya”
- Línea E Sindicato Luis de Fuentes.
- Línea F Sindicato Luis de Fuentes.
- Línea S Sindicato Luis de Fuentes.
- Línea 9 Cooperativa Tarija
- Línea Z Cooperativa Tarija

Figura 3.66 Intersección más crítica de micros de norte a sur



Fuente: Elaboración propia

Con esto decir que el Sindicato La Tablada Luis de fuentes, son la institución con el número mayor de micros en circulación de esta calle ya que tiene 3 líneas cada una las cuales cada línea tiene diferentes micros que circulan por el mismo lugar.

A continuación, se expone gráficamente los cambios propuestos realizados a cada una de las líneas de transporte público de las diferentes instituciones, específicamente en la av. Domingo Paz, esto quiere decir que se permitirá el ingreso de 2 líneas por cada institución ya que se cuenta con 4 instituciones y 22 líneas de estudio, no sufriendo estas líneas ningún tipo de alteración en su ruta.

De esta manera mediante una regularización se puede disminuir el congestionamiento del flujo de tráfico público para obtener menor tiempo de demoras, menos contaminación ambiental con una mejor fluidez de circulación en las vías céntricas de nuestra ciudad beneficiando al usuario.

Figura 3.67 Reducción de las líneas de micros de norte a sur



Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta está destinada a realizar una regularización con el fin de disminuir la cantidad de líneas de micros en el centro de la ciudad ya que son las que ocasionan congestionamiento provocando embotellamientos vehiculares y provocan reducción de velocidades contralándolas al mismo tiempo.

3.11.2. Coordinación de semáforos

Esta medida planteada como solución trata de optimizar y/o mejorar los tiempos de los semáforos, es decir, que mediante un incremento de tiempo en una (fase verde) de un acceso o accesos, y la disminución de dicho incremento en la fase contraria escogida anteriormente en el acceso o accesos restantes, mejora el comportamiento del tráfico con mejor fluidez en la velocidad, ya que el ciclo del semáforo se mantiene constante, sin alterar el comportamiento del conjunto con los demás semáforos.

Esta medida tiene un costo muy bajo, ya que simplemente consta de hacer variar mediante tanteos los tiempos de fase del ciclo de un semáforo.

En cuanto a lo social los cambios a realizar mediante esta alternativa, solo incomodará al tráfico peatonal, de manera temporal durante la ejecución de la nueva sincronización de los semáforos, pero si embargo reducirá accidentes, con esta alternativa no existe impacto ambiental o económicos excesivos.

3.11.3. Restricción de estacionamiento

Restringir el estacionamiento en las calles de alto tráfico de vehículos de transporte público, esta medida establece el hecho de no permitir el estacionamiento de vehículos en ningún lado de la calzada principalmente en las calles céntricas de nuestra ciudad ya que es causante de reducir la capacidad de la vía provocando un flujo inestable con baja velocidad y mayor cantidad de volumen, a pesar de que en la actualidad existen letreros de “NO ESTACIONAR” en la mayoría de las calles del centro de la ciudad, no se hace respetar dichos letreros, ya que los conductores simplemente hacen caso omiso de dichos letreros, quedando obsoleta dicha medida de solución, la solución más viable dados los antecedentes sería cobrar un alto valor de multa al no hacer caso a dichas señalizaciones, otra solución también a tomar en cuenta sería la de disminuir el ancho de la calzada a 3,10 metros, así no hay manera de estacionarse y por ello interrumpir o perjudicar el tráfico vehicular para la mencionada solución se podría plantar postes de hierro circular cada 0,50 - 1,0 metros entre el uno y otro, o se podría ampliar las aceras como ya se iso en algunas de las calles céntricas, sin embargo, esta solución reducirá la capacidad vehicular de la vía pero al mismo tiempo circularan con más fluidez y menor congestionamiento.

3.11.4. Restricción de paradas del transporte público

En la actualidad existen varias paradas ya establecidas a través del transcurso del tiempo y a capricho de las diferentes asociaciones del transporte público de la ciudad de Tarija; sin embargo, muchas de ellas no cumplen de manera efectiva con su objetivo principal, debido a que tanto el pasajero y como el conductor no respetan las paradas como tales, es decir que el pasajero está mal acostumbrado a solicitar la detención de los micros en cualquier punto de su recorrido para realizar el ascenso al mismo, a lo cual el conductor de la unidad de transporte público también coadyuva a esta acción parando en cualquier lugar y no respetando los puntos fijados.

Por lo tanto, el presente estudio ha establecido una red de paradas para la modalidad de micros que actualmente ya están consolidadas, especialmente en la zona central de nuestra ciudad. Dicha distribución se observa en la figura.

Figura 3.68 Paradas de micros en el centro de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

Analizando la figura y recorriendo las vías céntricas de la ciudad se pudo observar que las paradas más utilizadas se encuentran en las calles:

Bolívar - La Paz

Bolívar - Daniel Campos

Daniel Campos - Ingavi

Domingo Paz – Colon

Las paradas de transporte público generan una disminución de la capacidad vehicular en las calles, pero a su vez pueden disminuir el congestionamiento y aumentar la velocidad de circulación, una forma de ayudar a resolver el problema de transporte en nuestra ciudad y que resulta además de bajo costo, se plantea lo siguiente:

- Mejor control de paradas de ascenso y descenso de pasajeros, ya que si se controla el tiempo de parada aumentaría la velocidad y disminuirá el congestionamiento, siempre y cuando el micro solo se quedara estático solo en su parada designada y no así en cualquier parte de la calle.
- Retirar las paradas de los accesos donde su influencia no sea considerable por los usuarios, y utilizar ese espacio como estacionamiento del transporte particular.
- Se debe prohibir terminantemente que las nuevas líneas de creación ingresen a las zonas centrales, y si es posible se debe tratar de no permitir la creación de nuevas líneas sino más bien que con las ya existentes se busque una solución
- Si se diseñan paradas para cualquier acceso en una vía, en lo posible colocarlos después de la intersección porque en esta ubicación su influencia es menor que si se los colocara antes de la intersección.

3.11.5. Restricción vehicular según placas

Esta restricción se basa en la prohibición de la circulación de vehículos en un día y en un intervalo de tiempo en zonas céntricas donde existe más congestión vehicular, cuyas placas terminen en cualquiera de los dos números correspondientes al día de circulación o en placas pares o placas impares, para ello se consideró la siguiente distribución de placas por día:

Tabla 3.65 Últimos números de placa restringidos

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Placas	1 y 2	3 y 4	5 y 6	7 y 8	9 y 0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.66 Placas restringidas

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Placas	Pares	Impares	Pares	Impares	Pares

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.69 Restricción por placas



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.70 Delimitación de área de restricción por placas



Fuente: Elaboración propia

La figura nos muestra la zona por donde no deben circular los vehículos en general como el público y el particular en diferentes días establecidos con tales placas, ya sea mediante placas de dos números o placas con números pares o impares.

Mediante la restricción vehicular por placas lograremos minimizar el congestionamiento en la zona céntrica, con un flujo estable en la velocidad, menos colas y embotellamientos vehicular como también la disminución de la contaminación ambiental y acústica que es provocado por el congestionamiento.

Al no cumplir esta acción se deberá multar a los motorizados infractores que circulen por dicha zona, a excepción de las ambulancias, vehículos destinados al control de tráfico, vehículos policiales y vehículos de transporte público destinados al transporte remunerado de personas en cualquiera de sus modalidades.

Restricción vehicular, solo el ingreso para peatones

Esta restricción se basa en la prohibición de la circulación de vehículos en zonas céntricas donde existe más congestión

Figura 3.71 Delimitación de área de restricción vehicular solo para peatones



Fuente: Elaboración propia

Se propone que la delimitación del cuadrante sea solo para peatones ya que tenemos mayor movimiento económico en la ciudad, donde ya se ensancho las aceras para dar mayor comodidad al peatón que circula por el casco viejo.

También retirar a las entidades financieras, como ya se hizo con las instituciones públicas como la alcaldía que se trasladó a otro lugar.

Con el fin de dar prioridad al peatón, ya que se tendrán que acostumbrar a caminar o andar en bicicleta y dejar sus vehículos estacionados en lugares permitidos para que pueda transitar con mejor fluidez.

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:

- Para la determinar las tres horas pico, se ubicó cómo punto de aforo la avenida Panamericana y Salomón Benítez, se estableció que las horas de máximo volumen son 08:00 - 9:00 am, 11:00 - 12:00 am y 18:00-19:00 pm.
- Luego de realizar los aforos, mediante un proceso estadístico se determinó que la velocidad de punto más baja se ubica en calle Domingo Paz-Campero que es de 12,39 km/h, lo que indica que el flujo es inestable, esto debido a la cantidad de líneas de micros que circulan por dicho carril los cuales son: 7-D-S-B-9-4-A-11-Z.
- Así mismo, se iso el estudio a 22 líneas de micros y se determinó la velocidad de recorrido total que está en un rango de 8,44 km/h - 15,14 km/h y la velocidad de cruceo 10,16 km/h - 16,80 km/h, estos valores son de una vuelta completa.
- Simultáneamente también se determinó los tiempos de demoras de 22 líneas de micros, identificando que las líneas que circulan por el casco histórico de la ciudad tiene mayor demora, los tiempos de demoras oscilan 0,24 hr - 0,59 hr.
- Las calles con mayor cantidad de micros en nuestra ciudad son, la Av. Domingo Paz que pasan 10 líneas y la calle Campero que circulan 9 líneas, ocupando el 50 a 70% del total del volumen de la calzada, siendo el principal causante del congestionamiento y provocando que las velocidades sean bajas.
- Al realizar la regularización de las líneas del área central conformada por un perímetro compuesto por las calles Av. Domingo. Paz, Colón, 15 de Abril y Campero, sólo podrá ingresar 2 líneas por cada institución ya que se cuenta con 4 instituciones y 22 líneas de estudio, no sufriendo estas líneas ningún tipo de alteración en su ruta, se logrará que exista mayor fluidez de tráfico y una reducción del congestionamiento en las vías que son las de mayor flujo circulación de micros.

- Del análisis determinístico se pudo observar que la demora promedio de tránsito por ciclo es de 10 a 16 seg/veh, en las horas picos cuando el tráfico vehicular alcanza un nivel de servicio inestable provocando espera en la corriente vehicular.
- Mejorar el control en las paradas del transporte público de acenso o descenso de pasajeros por parte de agentes de tránsito, mediante ese control aumentaría la velocidad y disminuirá del congestionamiento siempre y cuando el micro solo se quedara estático solo en su parada designada y no así en cualquier parte de la calle.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se designe más personal de la institución tránsito para que controle la restricción de estacionamiento en las vías céntricas y no sean invadidas por el transporte privado provocando menor la capacidad en la vía.
- Se recomienda reubicar a todo el comercio informal asentado de forma masiva en las zonas más congestionadas de nuestra ciudad, ya que pone en peligro tanto a pasajeros que desean abordar las diferentes líneas de micros, y además perjudican al flujo peatonal y el vehicular.
- La secretaría de movilidad urbana será la única encargada de proyectar cambios en las rutas establecidas, previo a un estudio técnico y puesto en consideración de la comisión.
- Con las experiencias de medida implantada “restricción por placa” en otras ciudades del país, como ser La Paz, podría realizarse un mismo estudio por restricción general de vehiculos en la ciudad, para saber de acuerdo a los resultados que medida actuaría mejor en nuestra ciudad comparando resultados finales.
- Para que el proyecto sea exitoso es necesario que los peatones y conductores respeten las señales de tránsito para de esa manera reducir el congestionamiento.
- Se sugiere no incrementar nuevas líneas de transporte público por los puntos o zonas congestionadas de la ciudad.
- Es recomendable lanzar una campaña de educación vial donde se involucre la población en general empezando con el kindergarten y terminando con los transportistas para que todos adquieran conciencia de que si todos participamos de las normas viales cumpliéndolas y respetándolas obtendremos una avenida segura y su vez eficaz para el desplazamiento de los usuarios en esta.