

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1 Antecedentes

Actualmente existe un incremento vehicular en la ciudad de Tarija, debido al incremento poblacional, provocando problemas de congestión y contaminación, además de aumentar las probabilidades de accidentes de tráfico.

No solo en la ciudad de Tarija sino en las diferentes ciudades del mundo tienen el mismo problema de exceso de tráfico vehicular superando la capacidad de las calles para las cuales fueron diseñadas.

El presente trabajo prevé un análisis de tráfico vehicular en la avenida La Paz y avenida Néstor Paz, con el propósito de reducir y controlar el tráfico vehicular el cual es causado por la afluencia de vehículos en la ciudad.

Dentro del estudio de tráfico vehicular, se analizará las características y componentes del tránsito, como ser volumen, capacidad máxima de tráfico, velocidad de tránsito, entre otros, estos son los requisitos básicos de evaluación para el análisis de tráfico vehicular, el resultado del estudio nos permite determinar el nivel de eficiencia y funcionalidad de la vía.

En una primera investigación se estimó que no todas las calles de la ciudad presentan congestionamiento, sin embargo, son afectadas por los embotellamientos que propician las grandes avenidas en las diferentes horas pico y de las cuales puede tomarse mucho tiempo para que el tráfico disminuya provocando varios altercados de tránsito.

Existen varios artículos destinados a la solución de este problema:

El artículo científico (Jaramillo. 2005) presenta una simulación y control de tráfico para la ciudad de Medellín este trabajo plantea y argumenta el mal uso de los semáforos por parte de las autoridades como la falta de sincronización o el funcionamiento de los mismos tiempos durante el día entre otras, además del mal uso de las vías por parte de los ciudadanos. Propone posibles soluciones usando Simulink con la implementación de un simulador de bloques genéricos, por medio del cual, puede observarse el funcionamiento de cualquier conjunto de semáforos que sea configurado.

1.1 Justificación

En la ciudad de Tarija transitan cientos de vehículos diariamente por sus calles y avenidas, las cuales tienen poca organización vehicular motivo por el cual se generan los llamados embotellamientos y como las calles y avenidas están conectadas también son afectadas con el congestionamiento vehicular. Este problema ocasiona la molestia de los usuarios conductores como peatones, ya que al no poseer un sistema que regule y controle el funcionamiento del tránsito, se ve la necesidad de solventar con agentes de tránsito para que ayuden a reducir dicho congestionamiento. Motivo por el cual muchos conductores se vieron en la obligación de buscar otras alternativas de circulación para poder llegar a su destino en el menor tiempo posible, unas de las avenidas usada para evitar el tráfico son las avenidas de estudio.

Un estudio de tráfico nos demuestra ciertas condiciones de circulación vehicular, esto con el fin de establecer sistemas de señalización, semaforización y/o acciones que colaboren en la mejor circulación y seguridad vial.

Existe el mal concepto de que un estudio de tráfico solo se realiza en zonas que existen congestionamiento vehicular, sin tomar en cuenta que un estudio de tráfico es indispensable para cualquier tipo de proyecto que sea referido a calles, avenidas, intersecciones, rotondas, etc.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Situación problemática

Un factor influyente en la congestión vehicular y peatonal es el aumento del parque automotor, como este ha ido aumentando con el paso de los años.

El crecimiento acelerado de la ciudad de Tarija, junto con el incremento del parque automotor ha generado problemas de orden social, económico, ambiental y político, debido a la falta de una adecuada planificación del transporte. De acuerdo con la realidad que presenta nuestra zona de estudio conlleva a que existan diferentes conflictos entre ellos la pérdida de tiempo de viaje de las personas que se trasladan por motivos de trabajo, estudios, entre otros.

A continuación, presentamos los siguientes cuadros, donde se muestra la relación del parque automotor de la ciudad de Tarija

Tabla 1.1 Parque Automotor de la ciudad de Tarija 2016-2023

Año	Particular	Público	Oficial	Total
2016	62.311	1.764	2.027	66.102
2017	67.204	1.880	1.982	71.066
2018	71.550	1.925	2.050	75.525
2019	75.569	1.960	1.938	79.467
2020	77.133	1.957	2.062	81.152
2021	78.790	1.922	2.034	82.746
2022	78.946	1.887	2.032	82.865
2023	79.883	1.867	2.051	83.801

Fuente: RUAT Registro Único Para la Administración Tributaria Municipal

Figura 1.1 Variación del parque automotor de la ciudad de Tarija 2016-2023



Fuente: Elaboración Propia

La congestión vehicular ocasionada por la infraestructura vial y las maniobras temerarias de los conductores afecta la salud de las personas por estar expuestas a un prolongado tiempo de viaje, generando que sufran estrés, ansiedad y como consecuencia reduciendo la calidad de vida.

La avenida La Paz y la avenida Néstor Paz en los últimos meses se ha convertido en una zona muy transitada, desde la apertura del campo ferial y las oficinas de la gobernación de Tarija el tráfico vehicular ha aumentado y el riesgo de producirse un accidente debido a la falta de educación vial.

En la avenida se presentaron varios accidentes de tránsito como se pudo encontrar en distintas paginas informativas.

La pagina HOLA BOLIVIA informo sobre un accidente de una motocicleta que colisionó contra un automóvil en avenida LA Paz y avenida Marcelo Quiroga Santa cruz.

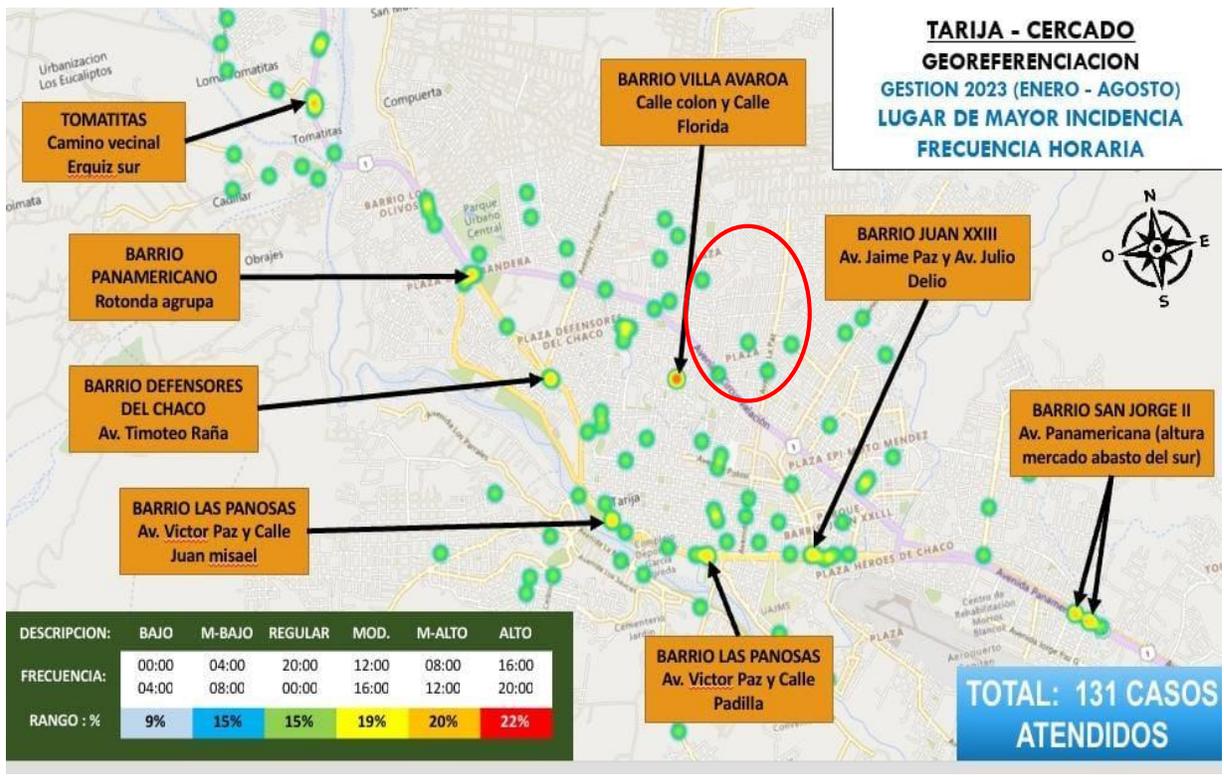
Una mujer resultó herida y se registraron daños materiales en el vehículo. Los vecinos piden que se coloque semáforo en esta intersección ya que siempre ocurren este tipo de accidentes y genera una inseguridad para el conductor y el peatón porque no existe ninguna medida para la reducción de velocidad.

La página PLAY NOTICIA reporto otro fuerte accidente de tránsito sobre la avenida Néstor Paz donde dos personas resultaron heridas con varias fracturas los cuales fueron llevados inmediatamente al hospital San Juan de Dios para que sean atendidos así menciona el jefe de bomberos sargento Cruz.

Otro accidente se registró en la avenida la paz entre una vagoneta y una ambulancia.

Por estos motivos se ha decidido hacer un estudio del tráfico sobre estas avenidas para poder evaluar y determinar las horas en las cuales se produce el problema de tráfico vehicular y se espera con la propuesta dar soluciones y se disminuya paulatinamente el número de accidentes que alberga cada día en la calles y avenidas de Tarija, ya que el beneficio será para toda la ciudad y no solo para los conductores.

Figura 1.2 Incidencia de accidentes mediante Focos de calor



Fuente: Dirección Departamental de Transito Tarija

En la figura se muestra los accidentes de tránsito en la ciudad de Tarija y se puede observar que las avenidas de estudio y sus alrededores poseen una gran incidencia de accidentes.

1.2.2 Problema

¿Se podrá dar solución al problema de tráfico a partir de las condiciones de circulación vehicular actual que se muestra en el aforo de volúmenes y velocidades en la av. ¿La Paz y av. Néstor Paz?

1.3 Variables

- **Independiente**
 - El volumen de tráfico
 - Velocidad de circulación
- **Dependiente**
 - La capacidad vehicular
 - Nivel de Servicio

1.3.1 Operacionalización de variables

Tabla 1.2 Operacionalización de variables

Variable	Nombre de variable	Concepto	Medición	Unidad
Variables Independientes	Volumen de tráfico	Se refiere a la cantidad de vehículos que transitan por la vía en un determinado tiempo.	Planilla de conteo vehicular	Veh/hr
	Velocidad de circulación	Distancia recorrida por un vehículo en un periodo de tiempo determinado.	Cronometro y cinta métrica	Km/hr
Variables Dependientes	Capacidad Vehicular	Se define como el máximo número de vehículos que pueden pasar por la sección de carril, durante un intervalo de tiempo dado.	Mediante el método simplificado (Ábacos) para vías interrumpidas	Veh/hr
	Nivel de Servicio	Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.	Relación matemática entre el volumen y la capacidad	-

Fuente: Elaboración Propia

1.4 Hipótesis

Si obtenemos el comportamiento vehicular en volúmenes y velocidades, entonces se podrá proyectar en base a las condiciones de circulación que presenta la av. La Paz y av. Néstor Paz posibles soluciones en la circulación del tráfico en el tramo de estudio.

1.5 Objetivos de Proyecto

1.5.1 Objetivo general

Realizar un estudio del tráfico vehicular mediante un aforo de volúmenes y velocidades en las calles de la av. La Paz y av. Néstor Paz para determinar las posibles soluciones al problema de circulación.

1.5.2 Objetivos específicos

- Estudiar los aspectos vinculados a la ingeniería de tráfico y sus parámetros para identificar el patrón de circulación de los vehículos.
- Determinar las características geométricas y los puntos de aforo en la zona de estudio.
- Determinar las horas pico
- Determinar los parámetros de comportamiento de tráfico de velocidad y volumen en la zona de estudio.
- Determinar los parámetros de tráfico de capacidad y nivel de servicio en el tramo de estudio.
- Realizar el análisis con los resultados obtenidos en el estudio de los parámetros de tráfico en la av. La Paz y av. Néstor Paz.
- Presentar propuestas para mejorar las condiciones de circulación en la av. La Paz y av. Néstor Paz.

1.6 Diseño Metodológico

1.6.1 Unidades de estudio

➤ Estudios de velocidad

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

➤ Estudios de velocidad de punto

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una vía, sirven para determinar las características de la velocidad en dicho tramo bajo las condiciones atmosféricas y de tráfico al momento de realizar dicho estudio. Las velocidades agrupadas en un tiempo y espacio dados, presentan un coeficiente de dispersión alto, por lo que pueden representarse mediante una distribución normal de velocidades que es lo que mejor se acomoda al tipo de datos.

➤ Estudios de velocidad de recorrido

Los estudios de velocidad de recorrido sirven para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras

del tránsito. 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.

$$VR = \frac{DR}{tc + td}$$

Donde

VR = Velocidad de recorrido total (km./h)

DR = distancia de recorrido (km.)

tc = tiempo de circulación (hr)

td = tiempo de demoras (hr)

➤ **Estudio de volúmenes**

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

a) Recuento Automático

b) Recuento Manual

➤ **Recuento automático**

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador.

Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que han sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no

es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD.

➤ **Recuento manual**

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

1.6.2 Población

Se realizará el estudio del comportamiento vehicular en áreas urbanas de la ciudad de Tarija.

1.6.3 Muestra

Se realizará el estudio del comportamiento vehicular de la avenida La Paz desde la avenida circunvalación hasta el campo ferial y continuando con la avenida Néstor Paz de la ciudad de Tarija.

1.6.4 Muestreo

Dentro del muestreo se tomará en cuenta todas las intersecciones que se encuentren sobre avenida La Paz desde la avenida circunvalación hasta el campo ferial y continuando con la avenida Néstor Paz de la ciudad de Tarija, son en total 30 intersecciones.

1.6.5 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para recabar la información fueron los siguientes:

- **Cronometro:** El cronómetro en línea cuenta el tiempo que pasa, en milésimas de segundo, después de presionar en el botón "Iniciar". Se le permite añadir vueltas.

- **Cinta métrica:** una cinta métrica, un flexómetro o simplemente metro es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el trabajo sea más fácil.
- **Planilla de aforo:** Estas planillas serán elaboradas de forma personalizada con el objetivo de registrar, el conteo de los vehículos de forma ordenada y eficiente.

1.7 Métodos y técnicas empleadas

1.7.1 Método científico

El método científico utilizado es el experimental

“La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar, con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa- efecto” (Mario Tamayo)

El método científico experimental es un conjunto de técnicas que se utilizan para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o corregir e integrar conocimientos previos. Se caracteriza por el hecho de que los investigadores pueden controlar deliberadamente las variables para delimitar las relaciones entre ellas.

1.7.2 Técnicas empleadas

La técnica empleada es la no probabilística.

El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo en la cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar.

El muestreo no probabilístico es un método menos estricto, este método de muestreo depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. El muestreo no probabilístico comúnmente se lleva a cabo mediante métodos de observación, y se utiliza ampliamente en la investigación cualitativa.

El instrumento para la obtención de datos son las planillas de cálculo ya que el aforo de velocidades y volúmenes se lo hace de forma manual así que las planillas son muy importantes para poder recopilar la información y que esta no sea confusa.

1.7.3 Procedimiento de aplicación

➤ Aforo vehicular

En esta etapa se procede al aforo vehicular desde las 6:00am hasta las 10:00pm, quiere decir, durante 16 horas para realizar un histograma que ayude a determinar tres horas pico durante el día. Una vez determinadas las horas pico se procede con el aforo durante cuatro semanas en las horas pico siguiendo los lineamientos de la metodología descrita en el texto “Manual de Ingeniería de Transito” de Paul C. Box y Josech C. Oppenlander.

➤ Aforo de velocidad

Durante las horas pico, se afora las velocidades de punto en las intersecciones en estudio siguiendo los pasos indicados en el “Manual de Ingeniería de Transito” de Paul C. Box y Josech C. Oppenlander.

1.8 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.8.1 Capacidad de vías interrumpidas

Capacidad Real = Cap. Teórica * Coef. Factores de Reducción

1.8.1.1 Capacidad teórica

Figura 1.3 Capacidad en vías interrumpidas para doble vía



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez

1.8.1.2 Capacidad practica

La capacidad practica resultará del producto de la capacidad teórica obtenida de los ábacos por los factores de reducción que están determinados para diferentes casos.

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

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

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

Capac.Real = Capac, teórica correg.*10% * (% exceso vehic. pesados)*(%exceso de giros)

1.8.2 Nivel de servicio

Tabla 1.3 Criterios para el nivel de servicio

Nivel de Servicio	Descripción de flujo de transito	Factor de carga V/C
A	Flujo libre	0
B	Flujo estable	≤ 0,10
C	Flujo estable	≤ 0,30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0,70
E	Flujo Inestable	≤ 1,00
F	Flujo forzado	>1.00

Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez

1.8.3 Condiciones de instalación para semaforización

Para ser instalados semáforos independientes o redes de semáforos de tiempo predeterminado se deben cumplir ciertas condiciones normalizadas por el manual de capacidad de la AASTHO y a asumidos por la mayoría de los países de América latina estas condiciones son:

1.8.3.1 Primera condición volumen mínimo

Es deseable la instalación de semáforos cuando se excede durante un periodo de 8 horas los volúmenes de un día promedio dado por la siguiente. tabla:

Tabla 1.4 Volúmenes Mínimos

N° Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle Principal	Calle Secundaria	Calle Principal	Calle Secundaria
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 o mas	500	200

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10000 la condición de volumen mínimo, para los volúmenes de las calles principales son elevado, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

1.8.3.2 Segunda condición de demoras en el tráfico

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

Esta condición recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores durante 8 horas consecutivas de un día promedio de la siguiente tabla.

Tabla 1.5 Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria

No Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle Principal	Calle Secundaria	Calle Principal	Calle Secundaria
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

1.8.3.3 Tercera Condición Volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos de tiempo predeterminado cuando los volúmenes de peatones sea los siguientes valores de la tabla

Tabla 1.6 Volumen mínimo de vehículos y peatones

Tipo de Intersecciones	veh/hora		Total peatones/hr	Periodo de Mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con Cantero Central		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área Escolar	800		2500	2

En ciudades donde la población es menor a 10000 se recomienda tomar el 70% de los valores de la tabla.

1.8.3.4 Cuarta Condición del sistema coordinado de semáforos

La condición de movimiento coordinado exige que:

- a) En un sistema lineal de calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.

- b) Si en una calle de doble sentido los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un funcionamiento eficiente del sistema.

1.8.3.5 Quinta Condición de prevención de accidentes

Para cumplir con esta condición es necesario que se verifique los siguientes eventos:

- a) Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados
- b) Que no existan ninguna medida preventiva adecuada
- c) Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

1.8.3.6 Sexta Condición Combinación de condiciones

Puede justificarse la instalación de semáforos cuando ninguna condición aislada es satisfecha pero cuando dos o más de ellas excede el 80% de los valores establecidos para cada una.

Es conveniente que una instalación semaforizada cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados.

Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) *“Ingeniería de Transito fundamentos y aplicaciones”*

1.8.4 Asignación de tiempos:

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

La elección del tiempo que dure el ciclo es un apriori, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, de acuerdo a estudios que se han realizado en varios sistemas de semaforización se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 seg.

1.8.4.1 Asignación de tiempo amarillo:

La fase amarilla tiene como objetivo avisar al conductor que va a aparecer la fase roja a la fase verde y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección. Los valores suelen estar entre los 3 y 5 segundos

1.8.4.2 Asignación de tiempo rojo y verde:

Adoptado el valor del ciclo y determinado el tiempo de fase amarilla se procede a determinar los tiempos de fase roja y fase verde y en realidad son tiempos cuyo objetivo es el proporcionar un tiempo razonable para que unos conjuntos de vehículos puedan cruzar la intersección de tal manera que se procure tener un flujo continuo.

Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección, si los volúmenes los consideramos como valores totales la relación de equilibrio será:

$$\frac{VA}{t_{VA}} = \frac{VB}{t_{VB}}$$

Donde

VA= Volumen acceso A

VB = Volumen acceso B

tVA = Tiempo de verde en acceso A

tVB = Tiempo de verde en acceso B

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que los valores del ciclo estarán dados por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de tiempo de fase verde y fase roja al valor de C

$$C = t_{VA} + t_{VB} + tam(ida) + tam(retorno)$$

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

tam(ida) = Tiempo de fase amarilla ida

tam(retorno) = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

Si en la ecuación de equilibrio coloco todo en función de una sola variable tendré que la relación es la siguiente:

$$\frac{VA * tam(ida)}{t_{VA}} = \frac{VB * tam(retorno)}{t_{VB}}$$

1.8.5 Medidas de localización: la media y la mediana de una muestra

Las medidas de localización están diseñadas para brindar al analista algunos valores cuantitativos de la ubicación central o de otro tipo de los datos en una muestra. La media es simplemente un promedio numérico.

Suponga que las observaciones en una muestra son x_1, x_2, \dots, x_n . La media de la muestra, que se denota con \bar{x} , es

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

Una medida importante es la mediana de la muestra. El propósito de la mediana de la muestra es reflejar la tendencia central de la muestra de manera que no sea influida por los valores extremos.

1.8.6 Rango y desviación estándar de la muestra

Así como hay muchas medidas de tendencia central o de localización, hay muchas medidas de dispersión o variabilidad. Quizá la más simple sea el rango de la muestra $X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$. La medida muestral de dispersión que se utiliza más a menudo es la desviación estándar de la muestra. Nuevamente denotemos con x^1, x^2, \dots, x_n los valores de la muestra.

La varianza de la muestra, denotada con s^2 , está dada por

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}.$$

La desviación estándar de la muestra, denotada con s , es la raíz cuadrada positiva de s^2 , es decir:

$$s = \sqrt{s^2}.$$

1.8.7 Depuración de datos

La depuración de datos también se conoce como limpieza de datos.

Limpieza de datos es el proceso de alterar los datos en un almacenamiento para asegurarse de que son exactos y correctos. Hay muchas maneras de conseguir la limpieza de datos en varios software y arquitecturas de almacenamiento de datos. La mayoría de ellos se centran en la revisión cuidadosa de conjuntos de datos y los protocolos asociados con cualquier tecnología de almacenamiento de datos en particular.

Para el presente proyecto se realizará la depuración de datos con un rango de la media más dos veces la desviación estándar.

$$\bar{x} + 2\delta$$

$$\bar{x} - 2\delta$$

1.9 Alcance del estudio de aplicación

El alcance del presente proyecto está orientado a buscar una o varias soluciones al problema del congestionamiento vehicular que existe en nuestro medio, para lo cual se llevara a cabo un estudio de tráfico en las avenidas La Paz desde la avenida circunvalación hasta el campo ferial y continuando con la avenida Néstor Paz desde avenida Salinas hasta calle salamanca.

Se analizará la parte teórica del proyecto, en el que se detallan los elementos del tránsito, parámetros de tráfico, sus características, capacidad y nivel de servicio, asimismo se tomara en cuenta la señalización vial, semaforización.

Se realizará la aplicación práctica del proyecto, determinando la ubicación y características del área de estudio, como ser los puntos de aforo, con ello también se realizará el estudio de los parámetros de tráfico.

En dichos puntos de aforo se procederá a la medición de los parámetros de tráfico como ser: volumen de tráfico, velocidad de punta, velocidad de recorrido, realizándolo en 3 días (dos días hábiles y un día no hábil), aplicados en las horas pico determinadas previamente.

Con estos datos se determinará la capacidad y el nivel de servicio para saber con exactitud las condiciones de tráfico en toda la zona de estudio.

Se presentará posibles soluciones como ser un sistema de semaforización o señalización en los puntos que sea necesarios y por último se analizaran los resultados de las propuestas dando a conocer la situación antes y después del proyecto

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2 Aspectos Generales

2.1 Definiciones

Para entender el concepto tanto técnico como científico de la Ingeniería de tráfico y transporte tenemos las siguientes definiciones:

- Transportar: Llevar una cosa de un lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido.
- Transporte o transportación: Acción o efecto de transportar o transportarse.
- Transitar: Ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos.
- Tránsito: Acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro.
- Tráfico: Tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc.

Ingeniería de Tráfico se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, el proyecto geométrico y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales, etc.) y zonas de influencia, así como de su relación con otros medios de transporte. *(Tapia y Veizaga, 2006)*

2.2 Objetivos y alcance de la ingeniería de tráfico

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación de personas y mercancías sea segura, rápida y económica. La Ingeniería de Tránsito analiza lo siguiente:

2.2.1 Características del tránsito

Se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc. Por otro lado, se estudia al usuario todas las reacciones para maniobrar el vehículo como ser: rapidez de reacción para frenar, para acelerar, su resistencia al cansancio, etc.

2.2.2 Reglamentación del tránsito

Se debe establecer los reglamentos del tránsito, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y

equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento. También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policiaco en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

2.2.3 Señalamiento y dispositivos de control

Su función principal es la determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

2.2.4 Planificación vial

Es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

2.3 Solución al problema de tránsito

Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

- Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración
- Superposición del tránsito motorizado en facilidades viales Pocos cambios en trazo urbano, carreteras que no han evolucionado.
- Falta de planificación en el tránsito Construcción de vías con especificaciones antiguas
- El automóvil no considerado como una necesidad pública Falta de apreciación de las autoridades y público en general a la importancia del vehículo automotor.
- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario Legislación y reglamentos no acordes a la evolución del transporte, falta de educación vial Descritos los factores que intervienen en el problema del tránsito, se plantean a continuación los tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito:

2.3.1 Solución integral

Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

2.3.2 Solución parcial de alto costo

Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

2.3.3 Solución parcial de bajo costo

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito, así como la disciplina y educación de parte del usuario.

Tapia. J.G, Veizaga R.D. (2006) *“Apoyo Didáctico Para La Enseñanza Y Aprendizaje De La Asignatura De Ingeniería De Tráfico”*

2.4 Clasificación de las vías urbanas

Para la clasificación funcional de una vía urbana se debe tener en cuenta la importancia relativa de cada uno de los siguientes factores:

- Características del tránsito: volumen, composición, velocidad de operación.
- Características geométricas de la vía: ancho total, número de calzadas, carriles por calzada, secciones laterales, retiros, alineamientos horizontales y verticales, pendientes longitudinales.
- Usos del suelo: Los determinados por las entidades territoriales en la zona de influencia de la vía.
- Funcionalidad: accesibilidad, visibilidad, distribución del tránsito.

Al tener en cuenta todos estos aspectos, las vías urbanas se clasifican en:

Las autopistas, vías expresas, avenidas, calles, pasajes y paseos.

- **Autopista:** Vía expresa con limitación total de acceso y con todos los cruces a desnivel.
- **Vías expresas:** Las que están destinadas al tránsito expreso con limitación parcial de accesos y generalmente sin cruces a nivel en las intersecciones.
- **Avenidas:** Las avenidas son vías de ancho relativamente grande, donde el tránsito circula con carácter preferente respecto a las calles transversales.
- **Calles:** Las calles están formadas por aceras y calzadas. La calzada es la parte de la calle destinada a la circulación de vehículos y semovientes. Las aceras son de uso exclusivo de los peatones.
- **Paseos:** Son lugares destinados exclusivamente para la circulación de peatones.

(Código de Tránsito, 16 de febrero de 1973, capítulo II, artículo 4 al 9)

2.5 Características de Tránsito

El ingeniero vial debe conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de proyectos viales y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.

2.5.1 Velocidad (v)

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto. Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad.

El término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h). (Rafael Cal y Mayor 2018)

2.5.1.1 Velocidades máximas en radio urbano

Las velocidades máximas dentro del radio urbano de las ciudades y poblaciones son:

- 10 km/hr en las zonas escolares y militares, considerándose a este efecto como tal la parte de la vía pública comprendida entre los 50 metros antes y después del lugar donde se encuentra ubicado el acceso a dichos establecimientos.
- 20 km/hr en las calles donde la circulación de peatones y vehículos es intensa.
- 40km/hr en las avenidas y vías donde las condiciones de seguridad así lo permitan.
- En las bocacalles, lugares de aglomeración, de personas o vehículos y en general en los sitios donde haya peligro, los conductores están obligados a reducir la velocidad al paso de un peatón o en su caso, a detener el vehículo.

Artículo 113 del Código de Reglamento de Tránsito, 8 de junio de 1978

2.5.1.2 Velocidad de punto

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía, cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 metros.

Las características principales de este tipo de velocidad es que la distancia definida se toma al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

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.

2.5.1.3 Velocidad de recorrido, global o de viaje

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el 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. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a detenciones en gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc

2.5.1.4 Velocidad de marcha

Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. Por lo tanto, esta velocidad, por lo general, será de valor superior a la de recorrido

2.5.1.5 Velocidad de proyecto

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 en distintos tramos de la vía. No se debe usar velocidades de proyecto muy altas, debido a que se encarece la obra y el ahorro de tiempo de viaje no es muy significativo. Las velocidades de proyecto máximas actualmente son de 112 km/h en E.E.U.U. y de 120 km/h en Europa.

Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) *“Ingeniería de Transito fundamentos y aplicaciones”*

En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc. Estos factores influyen en la velocidad de circulación por ese hecho la recomendación es que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media obtenida a través de las velocidades de punto

2.5.2 Volúmenes de tránsito

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

(Rafael Cal y Mayor 2018)

2.5.2.1 Volúmenes de Tránsito absolutos o totales

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

- **Tránsito Anual (TA).**- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos. (T = 1 año).
- **Tránsito Mensual (TM).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 30 días consecutivos. (T = 1 mes). Características del Tránsito Texto Guía Ingeniería de Tráfico 55
- **Tránsito Semanal (TS).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos. (T = 1 semana).
- **Tránsito Diario (TD).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas. (T = 1 día).
- **Tránsito Horario (TH).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos. (T = 1 hora)

2.5.2.2 Volúmenes de tránsito promedio diario TPD

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio

se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el TPD anual (TPDA).

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

2.5.2.3 Volúmenes de tránsito promedio horario TPH

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo, dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

Su unidad de medida son los vehículos por hora, se clasifican de acuerdo a la hora seleccionada como se detalla a continuación:

2.5.2.4 Volumen horario máximo anual (vhma)

Es el máximo volumen horario que pasa por un punto o sección transversal de una vía durante un año; es decir, 1 de 8760 horas en la que se registra el mayor volumen de tráfico.

2.5.2.5 Volumen horario de máxima demanda (vhmd)

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día.

2.5.2.6 Volumen horario de proyecto

Es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede

presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda presentar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) *“Ingeniería de Transito fundamentos y aplicaciones”*
(pg185)

Es muy probable que en algunas carreteras o calles de ciudades no se tengan aforos de volúmenes horarios, por ello se ha establecido una relación entre el volumen diario y el volumen horario en carreteras, calles donde se realizaban ambas mediciones obteniéndose un valor racional esta para el TPH entre el 12 al 15% del TPD.

2.5.2.7 Uso específico de los volúmenes de tránsito

Desde un punto de vista específico y dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, estos se utilizan para:

2.5.2.7.1 Los volúmenes de tránsito anual (TA)

- Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas
- Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras
- Calcular índices de accidentes
- Indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota

2.5.2.8 Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

- Medir la demanda actual en calles y carreteras
- Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial
- Definir el sistema de arterial de calles
- Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes - Programar mejoras capitales

2.5.2.9 Los volúmenes de tránsito horario (TH)

- Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda
- Evaluar deficiencias de capacidad
- Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales, jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.
- Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones

Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) *“Ingeniería de Transito fundamentos y aplicaciones”*

2.5.3 Capacidad Vial

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

Teóricamente la capacidad (qm) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial, representa la tasa máxima de flujo a la cual se espera que los vehículos o personas razonablemente puedan pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada, durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del medio ambiente, del tránsito y de los dispositivos de control.

(Rafael Cal y Mayor 2018)

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Como se sabe, que el volumen en 15 minutos así obtenido es convertido a tasa de flujo horaria, entonces la capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima de flujo horaria

La infraestructura vial, sea ésta una carretera o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos y señales de alto que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen

interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, y otros tipos de regulación. Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su capacidad y calidad de operación. Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de capacidad, es estimar el máximo número de vehículos (personas) que un elemento dentro de un sistema vial puede acomodar con razonable seguridad durante un período específico. Sin embargo, los sistemas operan pobremente a capacidad; pero generalmente ellos raramente se planifican para operar en este rango. A su vez, mediante los análisis de capacidad, también se estima la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar mientras se mantiene una determinada calidad de operación, introduciéndose aquí el concepto de nivel de servicio

De acuerdo al manual de capacidad sea visto por conveniente definir tres tipos de capacidad que son:

2.5.3.1 Capacidad posible

Definimos a este tipo de capacidad como la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar por un punto o de un carril o vía durante 1 hora bajo condiciones ideales de tránsito y características físicas y geométricas.

2.5.3.2 Capacidad practica

Entendemos por capacidad practica a la cantidad de vehículos que pasan por un punto durante 1 hora sin que las condiciones de circulación originen demoras, peligros y restricciones intolerable en la maniobrabilidad de los vehículos por los conductores la medida de intolerable resulta ser subjetiva y relativa, por lo tanto, dependerá de cada estudio o proyecto cuyas características particulares ayuden a definir hasta donde puede ser tolerable un tipo de circulación.

2.5.3.3 Capacidad directriz

Para fines de diseño se ha establecido una definición de capacidad directriz a la cantidad de vehículos que pasan por un punto durante 1 hora teniéndose una condición de circulación correspondiente a un nivel de servicio C.

2.5.4 Nivel de servicio

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

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc. El Manual de Capacidad Vial HCM 2010 del TRB ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua, como se verá más adelante.

2.5.4.1 Nivel de servicio A

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

2.5.4.2 Nivel de servicio B

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

2.5.4.3 Nivel de servicio C

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

interacciones con los otros usuarios. La selección de la velocidad se ve influenciada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

2.5.4.4 Nivel de servicio D

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

2.5.4.5 Nivel de servicio E

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

2.5.4.6 Nivel de servicio F

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

Rafael Cal y Mayor *R. S. (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones”*

2.5.5 Accidentabilidad

Se encarga del estudio de accidente de tránsito, considerándose a este tipo de accidentes como aquel que ocurre en la vía pública, en el cual se ven involucrados los diferentes usuarios de la misma, tales como peatones, los vehículos de toda clase, los animales que por ella se desplazan y todos los elementos que se encuentran inmersos en el espacio considerado como vía pública, como lo es la calzada, las aceras, los árboles, la lluvia, el agua, etc.

2.5.5.1 Accidente de Tráfico

Según la Real Academia Española, accidente es “un suceso eventual del que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas”, por lo que podemos decir que un Accidente de Tránsito es un acontecimiento inesperado donde pueden interactuar automóviles, peatones, motocicletas, buses etc., y cualquier otro usuario de las vías, donde se desarrolla un hecho no premeditado, que contiene un elemento de azar y cuyos resultados son indeseables e infortunados.

En un Accidente de Tráfico cualquiera, siempre debe tomarse el factor imprevisión y las causales que condujeron a él.

Como se aprecia, del concepto de la definición expuesta, surge claramente la amplitud de esta, debiendo dirigirnos hacia una especialización o rama de la Accidentología; si el problema lo queremos examinar en el ámbito de la problemática de la Accidentología Vial o de tránsito.

2.6 SemafORIZACIÓN

2.6.1 Conceptos básicos

La principal función de un semáforo en el control de una intersección es el dar el paso a distintos grupos de vehículos (y peatones), de manera de que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras. Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos pueden resumirse como sigue:

- Reducir y prevenir accidentes en la intersección y su cercanía inmediata.
- Reducir las demoras que sufren peatones y vehículos al cruzar la intersección, incluyendo evitar el bloqueo de cruces por largas colas.
- Reducir el consumo de combustibles en la intersección.
- Reducir la emisión de contaminantes del aire y otros factores que deterioran el medio como ser ruido.

Los dos primeros objetivos reciben generalmente la más alta prioridad en una intersección. Por supuesto interesa satisfacer estos objetivos con un mínimo de costo en el sistema de semáforos mismo.

Tiene mucha importancia el adoptar una metodología rigurosa en el diseño de intersecciones controladas por semáforos. Una metodología uniforme permitirá diseñar una intersección que cumpla los objetivos mencionados más arriba y al mismo tiempo asegurarse de que la mayor cantidad de aspectos relevantes ha sido tomada en cuenta.

La vida útil de un diseño en particular depende de:

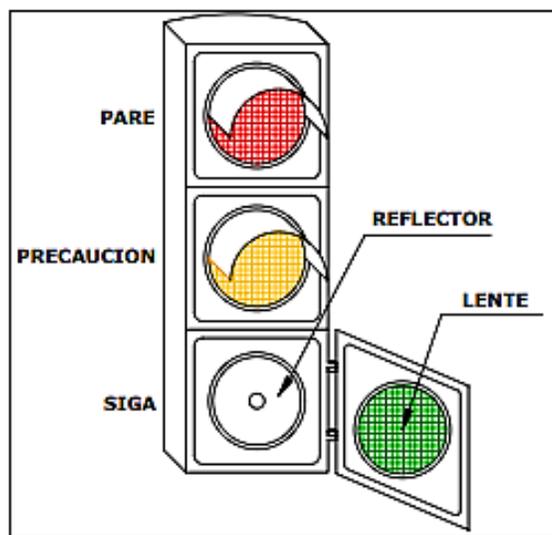
- La tasa de crecimiento o variación de los flujos vehiculares o peatonales en la intersección.
- El advenimiento de nuevas tecnologías de control, por ejemplo, la integración de un semáforo en un sistema centralizado controlado por computador.
- Cambios en el uso del terreno adyacente a la intersección y el cambio del riesgo de accidentes que esto implica. Por ejemplo, el cambio de sector residencial a comercial.

En el desarrollo del presente Capítulo se darán a conocer todos aquellos problemas inherentes al diseño de semáforos y la manera de abordarlos, con el propósito que siguiendo posteriormente un esquema metódico se encuentre la mejor solución a los problemas que se presenten.

Administradora Boliviana de Carreteras (ABC): "Manual de dispositivos de control de Tránsito"

2.6.2 Componentes de un semáforo

Figura 2.1 Componentes de un semáforo



Fuente: Elementos de ingeniería de Tráfico. Universidad Politécnica de Madrid

- La cabeza es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones. Los soportes son las armaduras que se utilizan para sujetar la cabeza de los semáforos de forma que se les permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.
- La cara de un semáforo es el conjunto de unidades ópticas como ser: el lente, reflector, lámpara y portalámpara. Por seguridad, se recomienda el uso de dos caras para cada acceso a la intersección, ya que uno de ellos podría ser tapado por un vehículo grande o por si se ha fundido alguna de las lámparas.
- El lente es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada. Se recomienda que la cara de un semáforo tenga por lo menos tres lentes: rojo, amarillo y verde. 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 ya que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto vehículos y peatones deberán detenerse. El conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente. El reflector, es un aparato de forma cónica que lanza la luz de la lámpara o foco en una determinada dirección.

2.6.3 Tipos de semáforos

Se pueden distinguir los siguientes tipos de semáforos:

2.6.3.1 Semáforo de tiempo programado fijo

Se utilizan en intersecciones donde los flujos de tránsito son relativamente estables, que no ocasionen demoras o congestionamientos excesivos. Por su sencillez este tipo de semáforos ha sido hasta ahora el más utilizado en las zonas urbanas, especialmente cuando se emplean varios semáforos próximos entre sí. Los semáforos de tiempo fijo, tienen una coordinación más precisa con los semáforos adyacentes que en el caso de semáforos accionados por el tránsito, por otro lado, no presentan detectores que informan sobre el número de vehículos

que llegan por los accesos. Finalmente, el costo del equipo de tiempo fijo es menor que la del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla.

2.6.3.2 Semáforos accionados por el tráfico

Estos semáforos reciben información del número de vehículos que llegan por los accesos a través de detectores que se instalan en dichos accesos. Teniendo en cuenta las intensidades de tráfico el regulador del semáforo decide si debe o no cambiar la fase. Existen limitaciones de duración máxima y mínima de cada fase para evitar largas esperas, estas duraciones se adaptan automáticamente a las variaciones del tráfico a través del regulador. Los semáforos accionados por el tráfico son ideales para intersecciones en carreteras.

2.6.3.3 Semáforos con control centralizado

Este tipo de semáforos reciben órdenes de un ordenador central, que es el encargado de controlar todos los semáforos de una zona. Este ordenador recibe información del tráfico por medio de detectores colocados en lugares estratégicos y decide lo que conviene realizar en cada momento. Estos semáforos son utilizados en grandes zonas urbanas.

2.6.4 Requisitos básicos para la instalación de semáforos

La instalación de un semáforo en un cruce de calles no se justifica en sí misma; sólo es válida si los beneficios superan las pérdidas o costos.

Ejemplo, en el estudio de una instalación de semáforos donde previamente existía una intersección controlada por regla prioritaria simple (derecho preferente de paso) se tendrán beneficios y costos, tales como:

- Cambio en el número y tipo de accidentes por año (o por millón de pasadas de vehículos). Este cambio es a menudo una reducción de accidentes, pero puede ser también un aumento. En general se produce una reducción de accidentes en que los vehículos chocan a 900. Pero puede haber un aumento de las colisiones entre vehículos que viajan en el mismo sentido.
- En algunos lugares se ha observado que el reemplazar una rotonda bien diseñada por semáforos aumenta el número de accidentes.

- Cambio en las demoras a vehículos, pasajeros y peatones. Si los flujos vehiculares son bajos este cambio puede ser un aumento de las demoras. Para flujos altos y un buen diseño, un semáforo debería reducir las demoras totales.
- Reducción de los costos de control policial de la intersección si ésta lo requiriera. Sin embargo, la presencia de un policía de tránsito tiene ventajas sobre un semáforo en términos de la seguridad de peatones. Cambio de los costos de operación e índices de contaminación ambiental generados en la intersección. Estos costos generalmente dependen más del número de detenciones que de su duración.
- Costos de la inversión en semáforos y los cambios en la infraestructura que se le asocian.
- Costo de operación y mantenimiento del semáforo y equipo auxiliar.

2.6.5 Ubicación

Estos semáforos pueden ser ubicados:

- Al lado de la vía de tránsito:
 - Postes entre 2,5 y 4,5 metros de alto.
 - Brazos cortos adheridos a los postes a 2,4 y 4,5 metros de alto.
- Por encima y dentro de la vía de tránsito:
 - Postes o pedestales en islas.
 - Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía. Suspendidos mediante cables.

Figura 2.2 Semáforos montados en postes

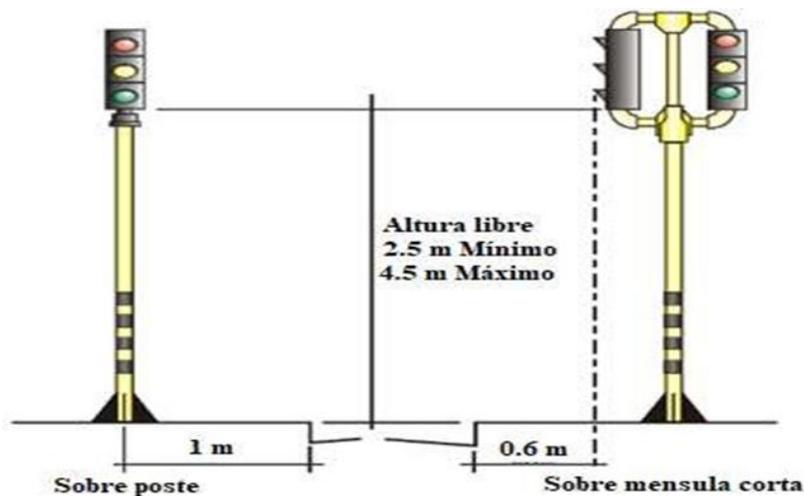
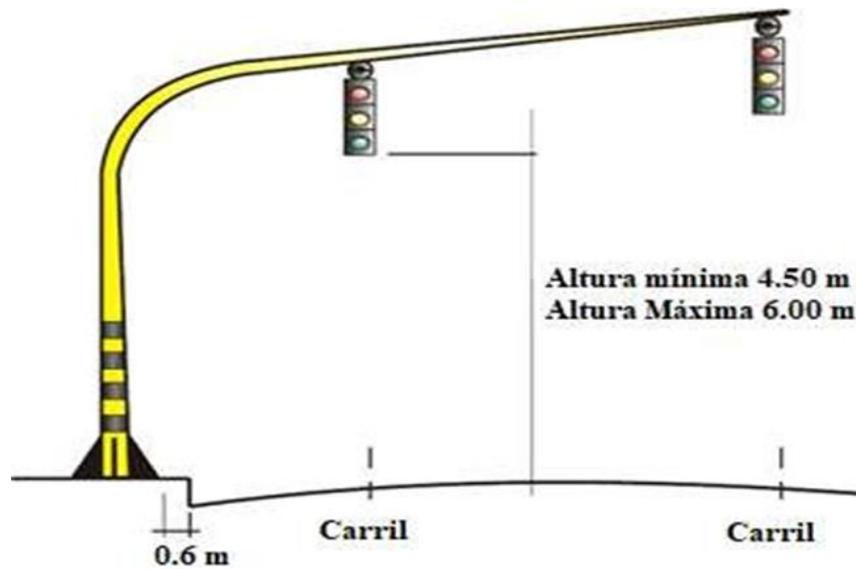


Figura 2.3 Semáforos montados en ménsula larga



Fuente: Ingeniería de Tráfico "Ronald Johnson"

2.6.6 Accidentes

Se ha señalado que la instalación de un semáforo puede reducir accidentes. Pero también la instalación de semáforos donde no son necesarios puede hacer que algunos conductores irritados por demoras excesivas (y no justificadas) dejen de respetar las señales, En este caso ese semáforo mal instalado generará más accidentes, la mayor parte de los cuales ocurrirá en otros cruces con semáforos bien justificados. Un semáforo deficientemente mantenido generará más accidentes en vez de disminuirlos.

Se requiere entonces bajo este requisito que el riesgo de accidentes en la intersección sea manifiesto y que hayan ocurrido 5 o más accidentes de cierta consideración por año en los últimos 3 años.

Administradora Boliviana de Carreteras (ABC): "Manual de dispositivos de control de Tránsito"

2.7 Señalización Vertical

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las

prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

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

2.7.1 Señales preventivas:

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

Figura 2.4 Señales preventivas



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.7.2 Señales reglamentarias

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

Atendiendo a su función las señales reglamentarias se dividen en:

- de prioridad (RPI)
- de prohibición (RPO)
- de restricción (RR)
- de obligación (RO)
- de autorización (RA)

Figura 2.5 Señales reglamentarias



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Tránsito ABC

2.7.3 Señales informativas

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

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

Las señales informativas o de información, están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero.

En particular son utilizadas para informar sobre:

- Enlaces o empalmes con otras vías. Direcciones hacia destinos, calles o rutas. Inicio de la salida de otras vías.
- Distancia a la que se encuentran los destinos. Nombres y rutas de las calles.
- Servicios.
- Lugares de atractivos turístico existentes en inmediaciones de la vía. Nombres de ciudades, ríos, puentes, parques, etc.

Las señales de información por lo general son de forma rectangular o cuadrada.

En las señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco; el color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y para las vías convencionales serán de color verde, con la excepción de las señales nombre y numeración de calles; las cuáles serán de color negro, y las señales de atractivo turístico, serán de color café.

2.7.3.1 Ubicación

La ubicación longitudinal de las señales informativas queda determinada por su función, según la especificación de cada señal. Para su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de los diferentes factores tales como la geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, etcétera.

2.7.3.2 Clasificación

Señales que guían a los usuarios a su destino:

- De pre señalización (IP)
- De dirección (ID)
- De confirmación (IC)
- De identificación vial (IV) De localización (IL)

Señales con otra información de interés:

- De servicio (IS)
- De atractivo turístico (IT) Señales ambientales (IA)
- Otras señales para autopistas y autovías (IAA) Otras (IO)
- Informativas de control (ICO) Tamaño especial (IT(E)- IS(E))

Figura 2.6 Señales informativas



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.7.4 Diseño

Toda señal vertical debe transmitir un mensaje nítido e inequívoco al usuario de la vía, lo que se logra a través de símbolos y/o leyendas, donde estas últimas se componen de palabras y/o números.

Considerando que los símbolos se comprenden más rápidamente que las leyendas, se deberá dar preferencia al uso de éstos, siempre y cuando correspondan a los indicados en la norma. Los símbolos y leyendas de una señal, siempre deberán ser concordantes y coherentes con el mensaje que se requiere transmitir.

2.7.5 Color y Retroreflectancia

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido en el manual, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en el manual.

2.7.6 Emplazamiento

La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran relevancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la reacción oportuna de los diferentes usuarios de una vía. Como criterio general, toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores. No obstante, lo anterior, los postes y otros elementos estructurales de las señales de tránsito, pueden representar un peligro para los usuarios en caso de ser impactadas. Por lo tanto, deben instalarse alejadas de la calzada y construirse de tal forma, que opongan la menor resistencia en caso de accidentes.

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

- Distancia entre la señal y la situación que generó su instalación (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).

- Altura de ubicación de la placa de la señal.
- Distancia mínima entre señales.

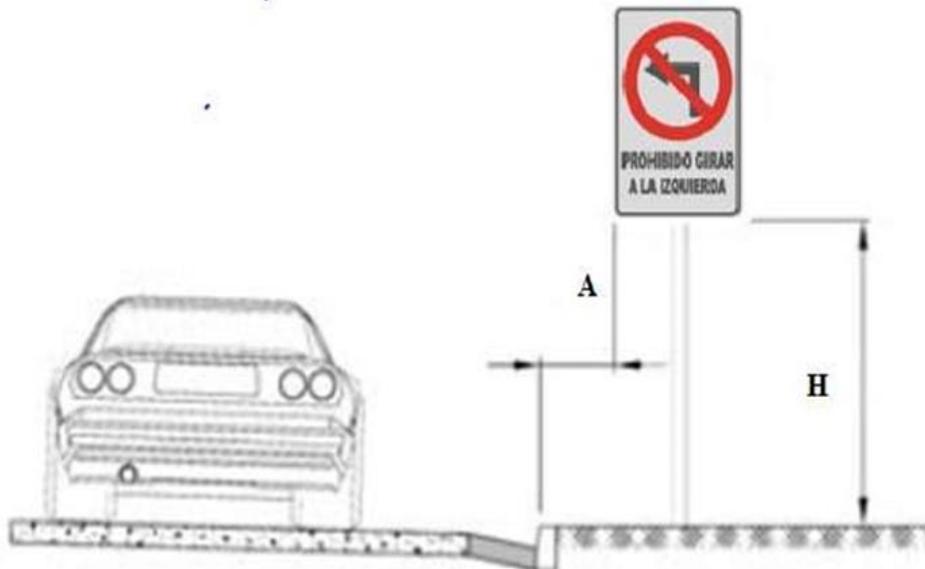
Tabla 2.1 Distancia mínima de separación entre señales

Orden en que el conductor verá las señales	Velocidad (Km/h)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentarias → Advertencia	50	50	30	20
Advertencia → Reglamentarias	50	50	30	20
Reglamentarias o Advertencia → Informativa	90	80	60	40
Informativa → Reglamentarias o Advertencia	60	50	40	30
Informativa → Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

Cuando la instalación de una señal vertical coincida con el emplazamiento de otra señal vertical, las distancias indicadas anteriormente podrán ser modificadas en un $\pm 20\%$ como máximo.

Figura 2.7 Ubicación Transversal se señales verticales



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

Tabla 2.2 Ubicación transversal de señales verticales distancia y altura

Tipo de vía	A(m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2,0	1,5	2,2
Caminos	1,5	1,5	2,2
Vías Urbanas	0,6	2,0	2,2

Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

Donde A corresponde a la distancia medida desde el borde exterior de la calzada, hasta el canto interior de la señal vertical; H es la distancia entre la rasante a nivel del borde exterior de la calzada y el canto o tangente al punto inferior de la señal.

2.8 Señalización Horizontal

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

Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores. De acuerdo con la función que cumplen, las demarcaciones se clasifican en:

2.8.1 Líneas Longitudinales

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

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

- Líneas de eje
- Líneas de carril

- Líneas de borde de calzada
- Líneas de prohibición de estacionamiento
- Líneas de transición (reducción y ampliación de pistas)

2.8.1.1 Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Estas líneas se ubican generalmente al centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual.

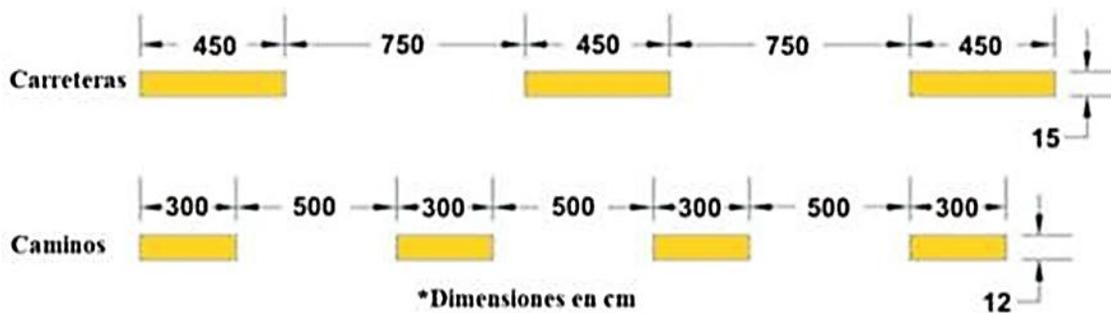
Dada la importancia de esta línea en la seguridad de tránsito, estas deberían encontrarse siempre presentes en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m. en calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

Estas líneas de eje podrán ser: discontinuas, continuas dobles o mixtas.

Línea amarilla discontinua

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

Figura 2.8 Diseño de Línea Discontinua

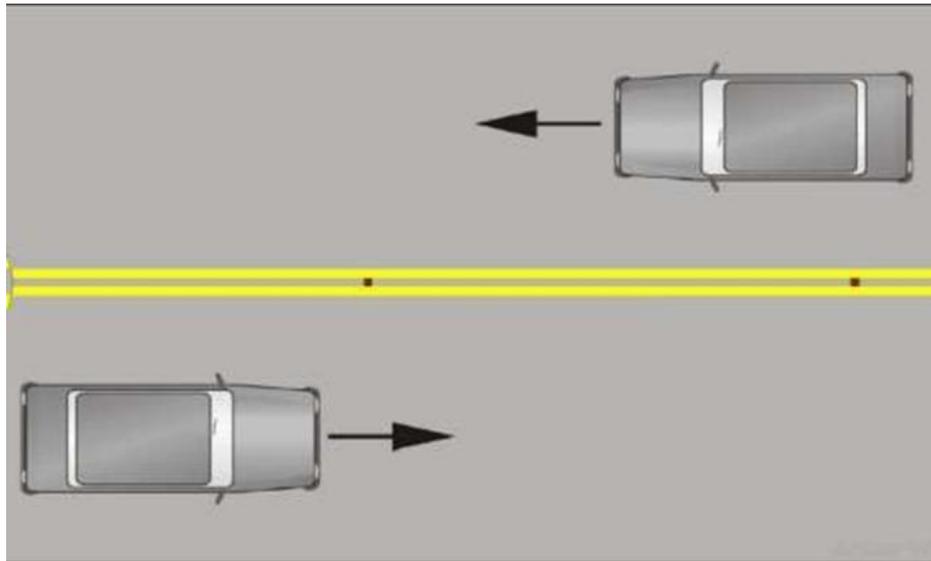


Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

Línea doble amarilla continua

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

Figura 2.9 Líneas continuas dobles



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

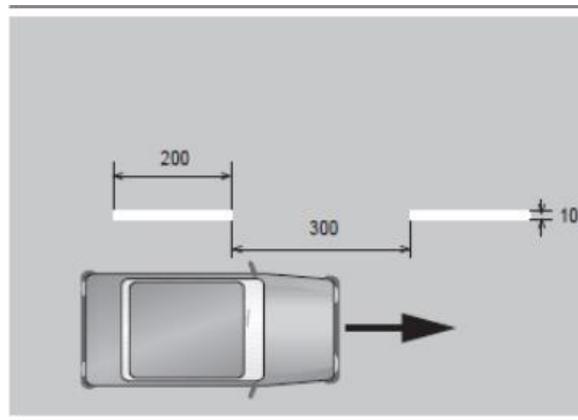
2.8.1.2 Líneas de carril

La función de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos:

Línea blanca discontinua

Utilizadas para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo donde sí es permitida la maniobra de adelantamiento.

Figura 2.10 Dimensión de línea blanca discontinua



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

Línea blanca continua

Como se ha indicado anteriormente, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesar ni circular sobre ella; las líneas continuas se utilizan para:

Demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, también controlados por señales estáticas ceda el paso o pare, de igual forma controlado por señales dinámicas “semáforo” en una línea de 20 metros medidos desde la línea de detención.

Figura 2.11 Dimensión de demarcación continua



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.8.2 Líneas Transversales

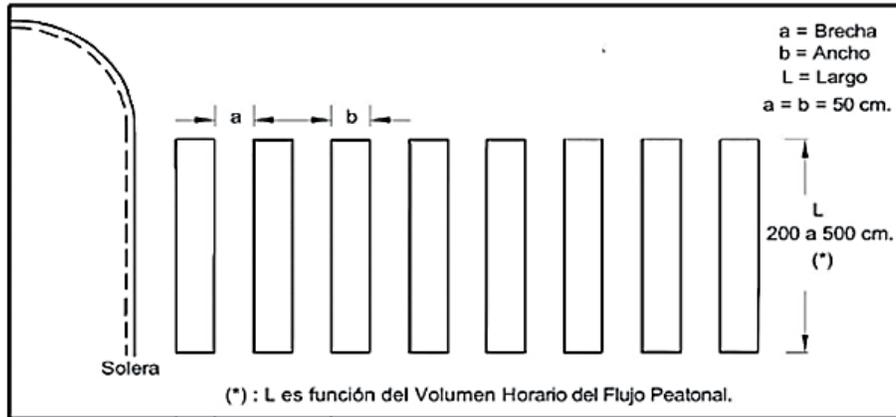
Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.

Atendiendo a la función que cumplen las líneas transversales se clasifican en:

2.8.2.1 Líneas de detención

Indican el lugar ante el cual los vehículos que se aproximan a una intersección o paso para peatones deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 km/h el ancho mínimo debe ser de 20 cm; en vías con velocidades máximas permitidas superiores, dicho ancho mínimo es de 30 cm.

Figura 2.12 Líneas de detención ceda el paso



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.8.2.2 Líneas de cruce

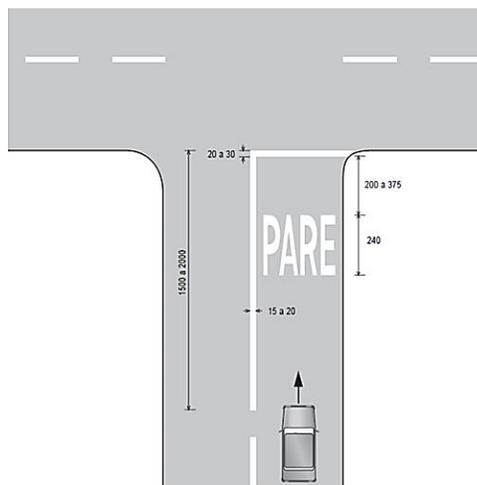
Éstas delimitan y señalan la senda destinada al cruce de peatones o de ciclistas

Cruce controlado por señal pare

Indica al conductor que enfrenta una señal pare, dónde el vehículo debe detenerse, debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanuda la marcha con seguridad.

Estas líneas siempre deben complementarse con la señal vertical pare (SR-01), y presentar las características que se muestran en la siguiente figura:

Figura 2.13 Ejemplo de demarcación Pare



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.8.3 Símbolos y Leyendas:

Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como ceda el paso y pare, leyendas como lento, entre otras. Estas pueden ser:

- Flechas
- Leyendas
- Otros símbolos

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, se puede usar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc

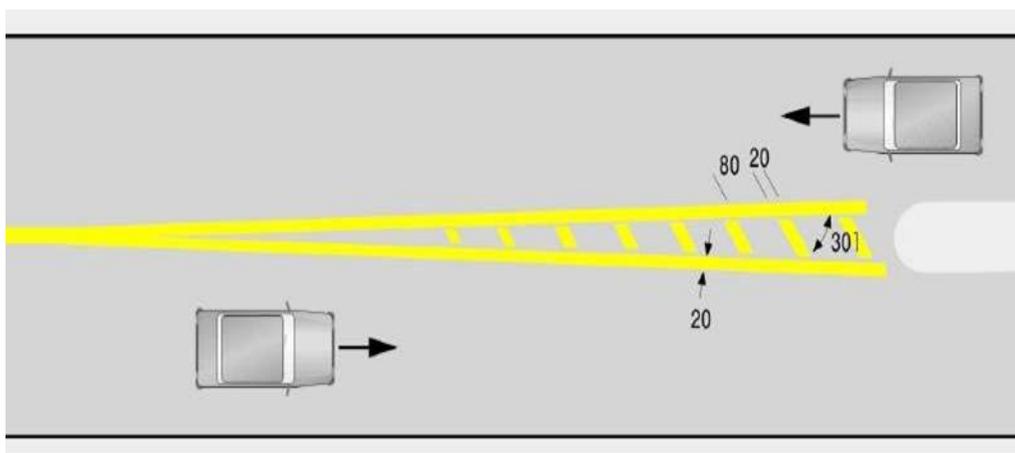
2.8.4 Otras demarcaciones

2.8.4.1 Achurados

La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de las islas y bandejas, así como canalizar el flujo vehicular.

Se distinguen dos tipos de achurados como se muestran en la figura.

Figura 2.14 Demarcación Tipo Achurado



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

2.8.4.2 Resaltos

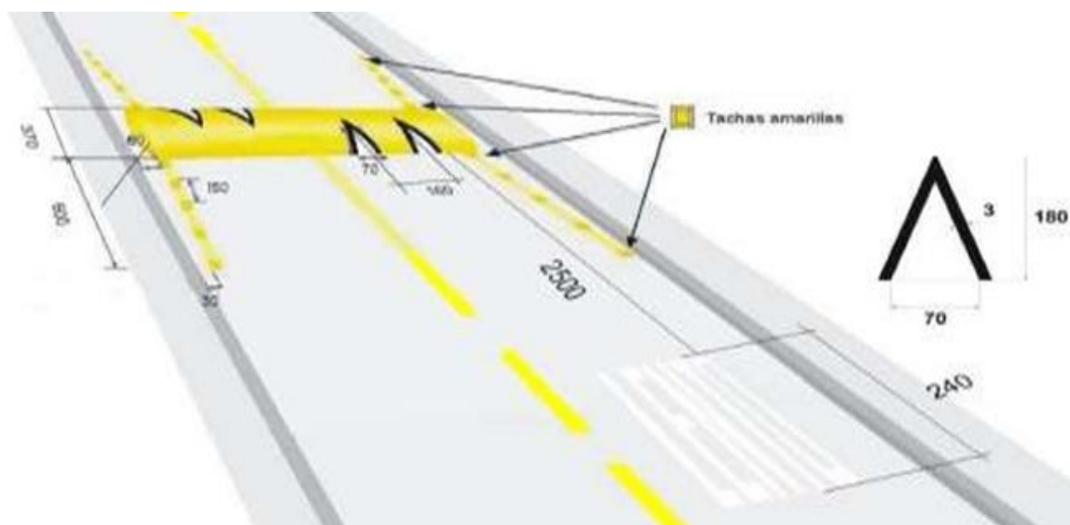
Son reductores de velocidad llamados resaltos. Estos dispositivos se emplean en accesos a intersecciones que presentan una alta tasa de accidentes, donde es necesario proteger el flujo peatonal y en vías en donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos: la ubicación de estos se empleará para resolver los siguientes problemas:

- En cruces o vías de acceso no regulados, donde se requiera reducir a velocidad. En tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.
- Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respeten la velocidad.
- Zonas de escuelas y plazas de juegos infantiles.

Para la instalación de resaltos se requerirá, disponer los antecedentes estadísticos que registren accidentes, o en su defecto que las encuestas de los usuarios de la vía denuncien el exceso de velocidad.

Previo al resalto, siempre deberá demarcarse en el pavimento la leyenda lento.

Figura 2.15 Resalto



Fuente: Manual de Dispositivos de control de Transito ABC

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRACTICA

3 APLICACIÓN PRACTICA

3.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija más concretamente en la provincia cercado en los barrios San Bernardo, Pedro Antonio Flores, Andaluz y Constructor.

Figura 3.1 Zona de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1 Coordenadas de la zona de estudio

	Inicio		Fin	
Av. La Paz	21°31'46" Lat. S	64°43'14" Long. O	21°31'14" Lat. S	64°43'00" Long. O
Av. Néstor Paz	21°31'16" Lat. S	64°42'50" Long. O	21°31'12" Lat. S	64°33'23" Long. O

3.2 Características Generales del área de estudio

El estudio abarca longitudinalmente la avenida La Paz desde la avenida Circunvalación hasta el Campo Ferial y la avenida Néstor Paz desde avenida Salinas hasta la calle Salamanca.

El tramo de estudio cuenta con 30 intersecciones, 19 intersecciones sobre la avenida La Paz y 11 intersecciones sobre la avenida Néstor Paz los cuales serán nuestros puntos de aforo para determinar el volumen vehicular.

Tabla 3.2 Intersecciones en la Zona de Estudio

N° Intersección	Calle Principal	Calle Secundaria
1	Av. La Paz	San Roque
2	Av. La Paz	El Palmar
3	Av. La Paz	La Cueva
4	Av. La Paz	Prado
5	Av. La Paz	Jacinto Rodríguez
6	Av. La Paz	Av. Capirenda
7	Av. La Paz	San Antonio
8	Av. La Paz	San Pedro
9	Av. La Paz	Aguas Blancas
10	Av. La Paz	San Placido
11	Av. La Paz	Pasaje Ramos
12	Av. La Paz	10 de Noviembre
13	Av. La Paz	20 de Agosto
14	Av. La Paz	Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz
15	Av. La Paz	Bereti
16	Av. La Paz	Pasaje Estensoro
17	Av. La Paz	Serere
18	Av. La Paz	Andes
19	Av. La Paz	Av. Néstor Paz
20	Av. Néstor Paz	Av Salinas
21	Av. Néstor Paz	El chore
22	Av. Néstor Paz	Tte. Ricardo E
23	Av. Néstor Paz	Belisario Torrez
24	Av. Néstor Paz	Luis Castrillo
25	Av. Néstor Paz	Antonio Borda
26	Av. Néstor Paz	Cira Vaca
27	Av. Néstor Paz	Salvador Campero
28	Av. Néstor Paz	Mario Olaguivel
29	Av. Néstor Paz	Av. San Bernardo
30	Av. Néstor Paz	La Salamanca

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Obtención de condiciones de circulación

3.3.1 Volumen de circulación

El volumen de circulación se obtiene realizando un aforo manual y visual de todas las intersecciones de nuestro tramo de estudio. Este aforo se lo debe realizar todo el día , tres veces a la semana y durante un mes según la norma, con el fin de conocer la demanda actual del flujo vehicular en toda la zona de estudio.

3.3.2 Determinación de horas pico

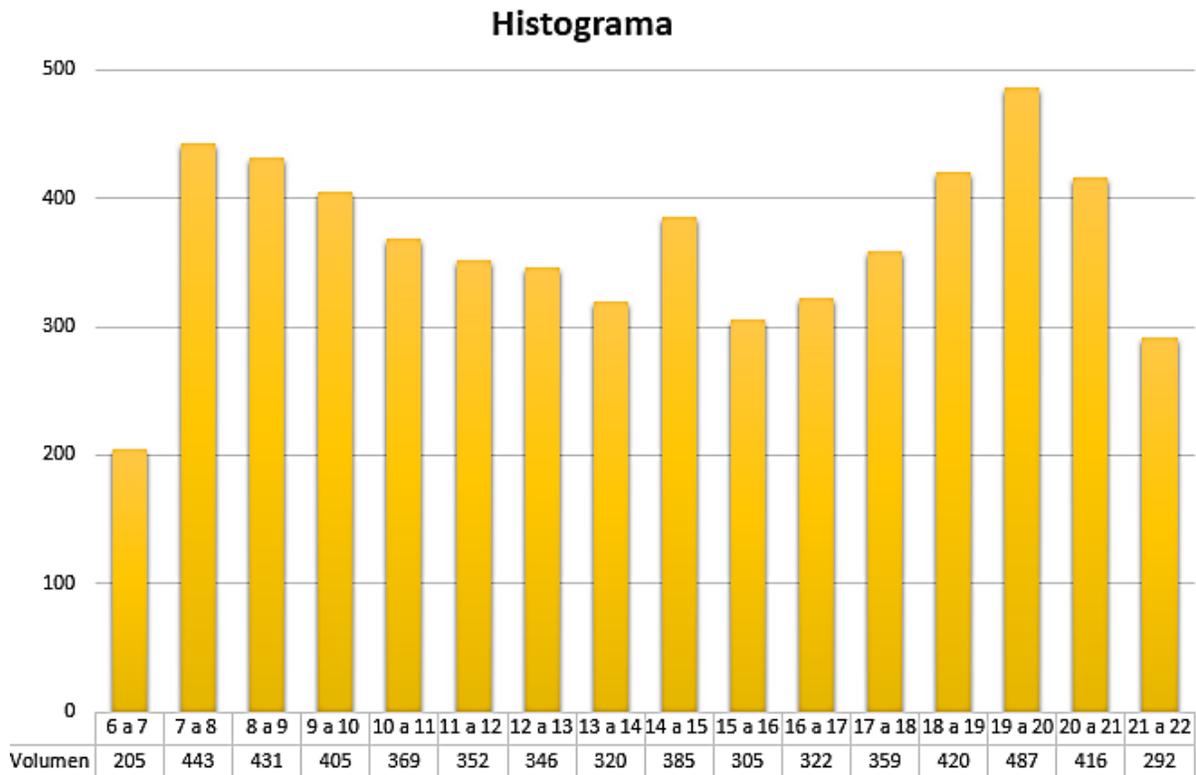
Para poder realizar el aforo de volúmenes primero se debe determinar las horas pico, es decir las horas en las cuales el volumen vehicular alcanza valores máximos para lo cual realizamos un aforo vehicular según la norma de 16 horas, desde las 6:00 am hasta las 10:00 pm sobre la avenida La Paz y calle Pasaje Estensoro.

Tabla 3.3 Aforo Horas Pico

De	A	Volumen Horario
6	7	205
7	8	443
8	9	431
9	10	405
10	11	369
11	12	352
12	13	346
13	14	320
14	15	385
15	16	305
16	17	322
17	18	359
18	19	420
19	20	487
20	21	416
21	22	292

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2 Histograma de horas pico



Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Obtención del comportamiento del volumen vehicular

Con las horas pico ya establecidas se procedió en realizar el aforo de volúmenes de forma manual en las 3 horas correspondientes de cada día (6:00 a 7:00, 14:00 a 15:00, 19:00 a 20:00). Se realizará el aforo 3 días a la semana, dos días hábiles y un día no hábil durante un mes según lo indica la norma AASHTO, ubicándose en cada acceso de la intersección anotando la clasificación correspondiente mediante la planilla que se elaboró para el estudio.

Para el aforo de volumen se clásico a los vehículos según su tamaño y según su función

Según su tamaño

- **Vehículos Livianos:** Son los vehículos cuya longitud no supera los 3.5 metros como indica el manual de diseño de calles para bolivianos, y solo cuentan con 2 ejes.
- **Vehículos Medianos:** Son los vehículos cuya longitud supera los 3.5 metros y pueden tener en el eje trasero más de dos ruedas. Entran a esta clasificación los micros.

- **Vehículos Pesados:** Son los vehículos cuya longitud excede los 6 metros y cuentan con más de dos ejes tándem. Puesto que no se permite el acceso a este tipo de vehículos en las intersecciones estudiadas no se tuvieron en cuenta.

Según su Función

- **Vehículos privados:** También llamado vehículo particular, es aquel que se lleva a cabo por cuenta propia, bien sea para satisfacer necesidades particulares
- **Vehículos Públicos:** Vehículos dedicados al transporte de pasajeros, son exclusivamente dedicados a este rubro. Entran en esta clasificación: taxis, micros y taxi trufis.

Tabla 3.4 Planilla de aforo de Volumen Vehicular

	Nombre de vía											
	FRENTE						GIRO					
	PUBLICO			PRIVADO			PUBLICO			PRIVADO		
	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
Mañana 7:00 A 8:00												
Tarde 14:00 a 15:00												
Noche 19:00 a 20:00												

Fuente: Elaboración propia

Se tomará la intersección N°16 que está en la avenida La Paz y Pasaje Estensoro como ejemplo para simplificar el proceso de recopilación de datos

Tabla 3.5 Aforo de Volúmenes de Intersección N°16 Calle Principal

Fecha		Av. La Paz											Total Maniobra		
		Frente						Giro Derecha							
		Publico			Privado			Publico			Privado		F	GD	
		VL	VM	VP	VL	VM	VP	VL	VM	VP	VL	VM			VP
Martes	M	37	19	2	23	21	0	13	1	0	12	9	1	440	36
	T	370	22	0	25	18	0	17	2	0	15	7	0	435	41
	N	366	21	0	29	11	0	16	1	0	9	11	1	427	38
Jueves	M	312	22	5	34	29	5	19	11	0	15	8	1	407	54
	T	322	19	2	35	25	2	22	9	0	12	5	2	405	50
	N	309	14	0	26	15	0	11	11	0	11	9	1	364	43
Sábado	M	264	22	1	45	16	0	10	2	0	13	7	2	348	34
	T	259	25	2	38	15	0	9	0	2	11	9	0	339	31
	N	260	16	2	33	13	1	11	1	0	15	8	0	325	35
Martes	M	488	23	2	28	25	0	16	1	0	14	11	1	566	43
	T	463	26	0	30	22	0	20	2	0	18	8	0	541	48
	N	421	25	0	35	13	0	19	1	0	11	13	1	494	45
Jueves	M	296	21	5	32	28	5	18	10	0	14	8	1	387	51
	T	306	18	2	33	24	2	21	9	0	11	5	2	385	48
	N	294	13	0	25	14	0	10	10	0	10	9	1	346	40
Sábado	M	330	28	1	56	20	0	13	3	0	16	9	3	435	44
	T	298	29	2	44	17	0	10	0	2	13	10	0	390	35
	N	351	22	3	45	18	1	15	1	0	20	11	0	440	47
Martes	M	469	24	3	29	26	0	16	1	0	15	11	1	551	44
	T	463	28	0	31	23	0	21	3	0	19	9	0	545	52
	N	458	26	0	36	14	0	20	1	0	11	14	1	534	47
Jueves	M	450	22	2	26	24	0	15	1	0	14	10	1	524	41
	T	407	25	0	29	21	0	20	2	0	17	8	0	482	47
	N	458	24	0	33	13	0	18	1	0	10	13	1	528	43
Sábado	M	380	29	1	59	21	0	14	3	0	17	9	3	490	46
	T	313	30	2	46	18	0	11	0	2	14	11	0	409	38
	N	421	23	3	47	19	1	16	1	0	21	12	0	514	50

Martes	M	394	20	2	24	22	0	14	1	0	13	9	1	462	38
	T	389	23	0	26	19	0	18	2	0	16	7	0	457	43
	N	384	22	0	30	12	0	17	1	0	9	12	1	448	40
Jueves	M	328	23	5	36	30	5	20	12	0	16	8	1	427	57
	T	338	20	2	37	26	2	23	9	0	13	5	2	425	52
	N	294	13	0	25	14	0	10	10	0	10	9	1	346	40
Sábado	M	277	23	1	47	17	0	11	2	0	14	7	2	365	36
	T	272	26	2	40	16	0	9	0	2	12	9	0	356	32
	N	273	17	2	35	14	1	12	1	0	16	8	0	342	37
MEDIA													436	43	
DESV. EST													71	6	
MAXIMO													506	49	
MINIMO													365	36	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Aforo de Volúmenes de Intersección N°16 Calle Secundaria

Fecha		Calle Pasaje Estensoro						Total Maniobra
		Giro Derecha						
		Publico			Privado			
		VL	VM	VP	VL	VM	VP	
Martes	M	11	3	0	10	14	3	41
	T	13	8	0	9	13	1	44
	N	17	4	2	4	9	0	36
Jueves	M	14	4	0	13	18	4	53
	T	16	10	0	11	16	1	54
	N	19	4	2	4	10	0	39
Sábado	M	6	8	0	4	8	0	26
	T	11	9	0	9	7	2	38
	N	9	2	0	6	6	1	24
Martes	M	13	4	0	12	17	4	50
	T	16	10	0	11	16	1	54
	N	20	5	2	5	11	0	43

Jueves	M	13	4	0	12	17	4	50
	T	15	10	0	10	15	1	51
	N	18	4	2	4	10	0	38
Sábado	M	7	9	0	4	9	0	29
	T	12	10	0	10	8	2	42
	N	10	2	0	7	7	1	27
Martes	M	14	4	0	13	18	4	53
	T	16	10	0	11	16	1	54
	N	21	5	3	5	11	0	45
Jueves	M	13	3	0	12	16	3	47
	T	15	9	0	10	15	1	50
	N	20	5	2	5	10	0	42
Sábado	M	7	9	0	4	9	0	29
	T	13	11	0	11	8	2	45
	N	11	2	0	7	7	1	28
Martes	M	12	3	0	11	15	3	44
	T	14	8	0	9	14	1	46
	N	18	4	2	4	9	0	37
Jueves	M	15	4	0	14	19	4	56
	T	17	11	0	12	17	1	58
	N	20	4	2	4	11	0	41
Sábado	M	6	8	0	4	8	0	26
	T	12	9	0	9	7	2	39
	N	9	2	0	6	6	1	24
MEDIA								42
DESV. EST								10
MAXIMO								52
MINIMO								32

Fuente: Elaboración propia

El aforo como bien se mencionó anteriormente se lo hizo durante tres días a la semana, dos días hábiles y uno no hábil, los días hábiles fueron el martes y el jueves, para el día no hábil se escogió el sábado, se escogió estos días ya que son los días donde existe más flujo vehicular debido a las ferias que se realizan en el barrio San Bernardo y barrio Constructor

Los valores anotados en la planilla son el resultado de la sumatoria de todos los vehículos que realizan un giro o siguen de frente en una intersección, sin importar el tipo de vehículo (vehículos públicos o privados) o su tamaño (vehículos livianos, medianos y pesados)

3.3.4 Depuración de Datos

A partir de la obtención de datos en cada acceso se procede con la depuración estadística de datos. El proceso de depuración consiste en la eliminación de los datos que no estén dentro de un rango determinado, este rango se determina a través de la desviación estándar y la media de los datos siendo el valor máximo del rango la media de los datos más desviación estándar y el valor mínimo del rango será la media de los datos menos la desviación estándar. Aquellos valores que estén dentro del rango son los valores más representativos de toda la serie de datos. Una vez depurados los datos se calcula la media corregida que es la media de los volúmenes de cada hora pico en la que no se consideran los datos depurados

3.3.4.1 Formulas usadas para la depuración

Media de la muestra:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

Varianza de la muestra:

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}.$$

Desviación Estándar de la muestra:

$$s = \sqrt{s^2}.$$

Rango de la muestra:

$$\bar{x} + 2\delta \quad Y \quad \bar{x} - 2\delta$$

Con las formulas descritas se procede a obtener el rango de valores aceptables, el resto se lo elimina, en este caso se lo coloco de color rojo los valores depurados que se salieron del rango establecido en la planilla de aforo vehicular

Tabla 3.7 Depuración de Datos

Av. La Paz		Calle Pasaje Estenssoro
F	GD	GD
440	0	41
435	41	44
427	38	36
407	0	0
405	0	0
0	43	39
0	0	0
0	0	38
0	0	0
0	43	50
0	48	0
494	45	43
387	0	50
385	48	51
0	40	38
435	44	0
390	0	42
440	47	0
0	44	0
0	0	0
0	47	45
0	41	47
482	47	50
0	43	42
490	46	0

409	38		
0	0		
462	38		
457	43		
448	40		
427	0		
425	0		
0	40		
365	0		
0	0		
0	37	Total	
Media	431	43	473
%	90,96	9,04	100

45			
0			
44			
46			
37			
0			
0			
41			
0			
39			
0		Total	
Media	43		43
%	100		100

Fuente: Elaboración propia

Ya depurados los valores fuera del rango se vuelve a calcular la media y se procede a calcular el porcentaje de maniobras (Frente, Giro Izquierda, Giro Derecha) que se realizó en el tramo

3.3.5 Determinación de velocidad

La velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h)

Velocidad de Punto: Para obtener la velocidad de punto se midió una distancia antes de llegar al acceso, aproximadamente se marcó unos 25 metros donde se empezó cronometrar los tiempos que tardan en pasar cada 5 vehículos en dicha distancia marcada, durante las mismas horas picos y días ya mencionados. Se marcaron 20 puntos de aforo sobre las dos avenidas para por determinar su velocidad en los puntos más importantes de la zona de estudio. La velocidad de punta se lo calcula con la siguiente formula:

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

Donde

V= velocidad

D= distancia

T= tiempo de circulación

Tabla 3.8 Velocidades en el punto de aforo 1

VELOCIDAD DE PUNTO 7 am		
DISTANCIA [m]	TIEMPO [seg]	VELOCIDAD [km/hr]
25,0	4,10	22,0
25,0	4,29	21,0
25,0	5,10	17,6
25,0	4,50	20,0
25,0	4,90	18,4
Promedio		19,8

VELOCIDAD DE PUNTO 2 pm		
DISTANCIA [m]	TIEMPO [seg]	VELOCIDAD [km/hr]
25,0	5,29	17,0
25,0	4,15	21,7
25,0	6,01	15,0
25,0	4,36	20,6
25,0	4,52	19,9
Promedio		18,8

VELOCIDAD DE PUNTO 7 pm		
DISTANCIA [m]	TIEMPO [seg]	VELOCIDAD [km/hr]
25,0	4,15	21,7
25,0	3,90	23,1
25,0	4,00	22,5
25,0	4,22	21,3
25,0	4,52	19,9
Promedio		21,7

Fuente: Elaboración propia

VELOCIDAD DE PUNTO			
HORA	DISTANCIA [m]	TIEMPO TOTAL [seg]	VELOCIDAD [km/hr]
07:00 a 08:00	25,0	4,58	19,7
14:00 a 15:00	25,0	4,87	18,5
19:00 a 20:00	25,0	4,16	21,6
Promedio			19,9

Fuente: Elaboración propia

Velocidad de recorrido: La velocidad de recorrido es aquella que se define como la distancia que recorre un tramo definido y el tiempo que tarda en recorrer, en esta velocidad se toma en cuenta el tiempo de circulación y el tiempo de demoras, esta velocidad es un parámetro importante que define la fluidez del tráfico, mientras menor velocidad mayor el congestionamiento vehicular. Se definió dos tramos en las dos avenidas de estudio para determinar el flujo en las dos avenidas.

Para la obtención de la velocidad de recorrido total se midió en todo el tramo de estudio cuanto tiempo se tarda en llegar desde el inicio hasta el final del tramo, en este caso se obtuvo primero el tiempo de recorrido total en la avenida La Paz desde la avenida circunvalación hasta el campo ferial, tomando en cuenta los tiempos de demora que se suscitan en algunas intersecciones, de igual forma se realiza la medición del tiempo de recorrido para la avenida Néstor Paz desde la avenida Salinas hasta la calle Salamanca que es el último punto de aforo.

Tabla 3.9 Velocidades en la Av. La Paz

VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL				
HORA	DISTANCIA	TIEMPO TOTAL	TIEMPO DE DEMORAS	VELOCIDAD
	[Km]	[Seg]	[Seg]	[km/hr]
07:00 a 08:00	1,1	106	8	33,8
12:00 a 13:00	1,1	110	12	32,5
19:00 a 20:00	1,1	104	9	35,0
Promedio				33,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Velocidades en la Av. Néstor Paz

VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL				
HORA	DISTANCIA	TIEMPO TOTAL	TIEMPO DE DEMORAS	VELOCIDAD
	[km]	[seg]	[seg]	[km/hr]
07:00 a 08:00	0,9	114	11	25,9
12:00 a 13:00	0,9	120	15	24,0
19:00 a 20:00	0,9	109	7	27,9
Promedio				26,0

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la velocidad de recorrido total se midió en todo el tramo de estudio cuanto tiempo se tarda en llegar desde el inicio hasta el final del tramo, en este caso se obtuvo primero el tiempo de recorrido total en la avenida La Paz desde la avenida circunvalación hasta el campo ferial, tomando en cuenta los tiempos de demora que se suscitan en algunas intersecciones, de igual forma se realiza la medición del tiempo de recorrido para la avenida Néstor Paz desde la avenida Salinas hasta la calle Salamanca que es el último punto de aforo.

El aforo de todas las intersecciones tanto de volúmenes como velocidades se encuentran en la parte de anexos

3.4 Capacidad y Nivel de Servicio

3.4.1 Cálculo por el método simplificado mediante ábacos

El método simplificado determina las capacidades reales a través de ábacos para vías interrumpidas de un sentido o dos sentidos.

3.4.2 Procedimiento para capacidad

Paso 1: Con los datos obtenidos en el aforo se registra los vehículos colocando el sentido del flujo (giro derecha y giro izquierda).

Paso 2: Determinamos la capacidad básica, tomando en cuenta los datos de la zona de la vía, las características del área y el ancho de acceso. Este dato se determina del ábaco (figura 1.4).

Paso 3: Tomando en cuenta el comportamiento de la vía se determina los coeficientes o factores de reducción con las siguientes condiciones.

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

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

- a) Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco
- b) Sustraer un 1% por cada 1% que los ómnibuses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.

- c) Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- d) Sustraer un 1% por cada 1 % en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
- e) Por paradas de ómnibuses antes de la intersección restar el 10% por parada de ómnibuses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias

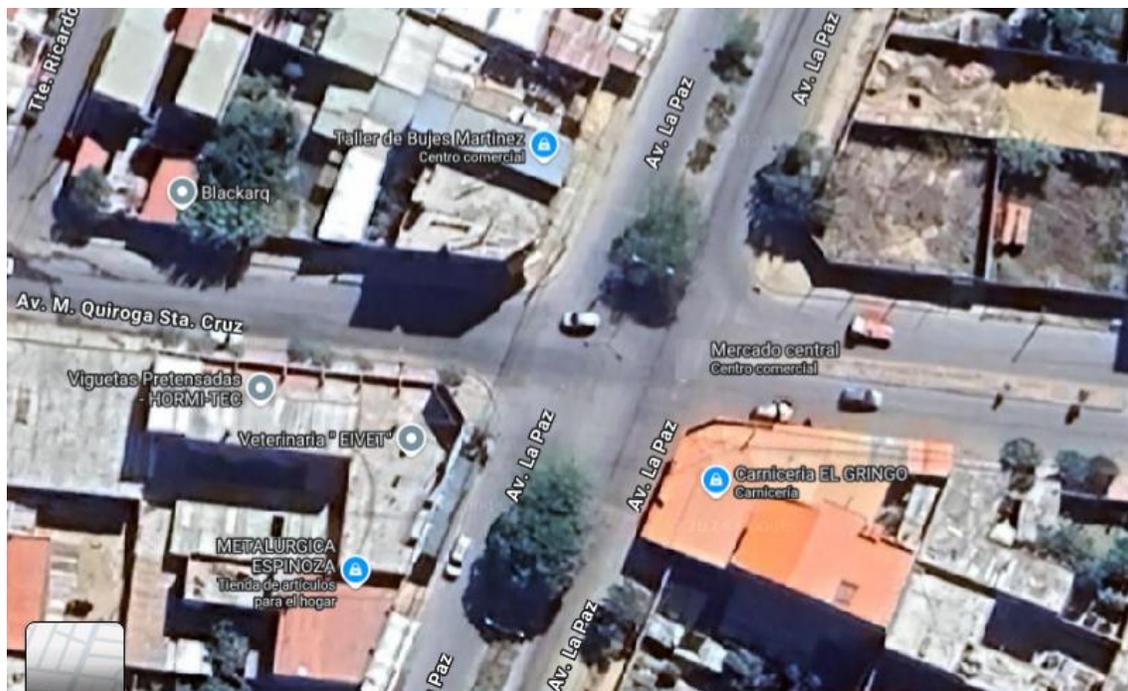
Paso 4: La capacidad practica resultará del producto de la capacidad teórica obtenida de los ábacos por los factores de reducción que están determinados para diferentes casos.

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap. Básica} * \text{Coef. Práctico} * \text{Factores de reducción}$$

3.4.3 Ejemplo de capacidad vehicular

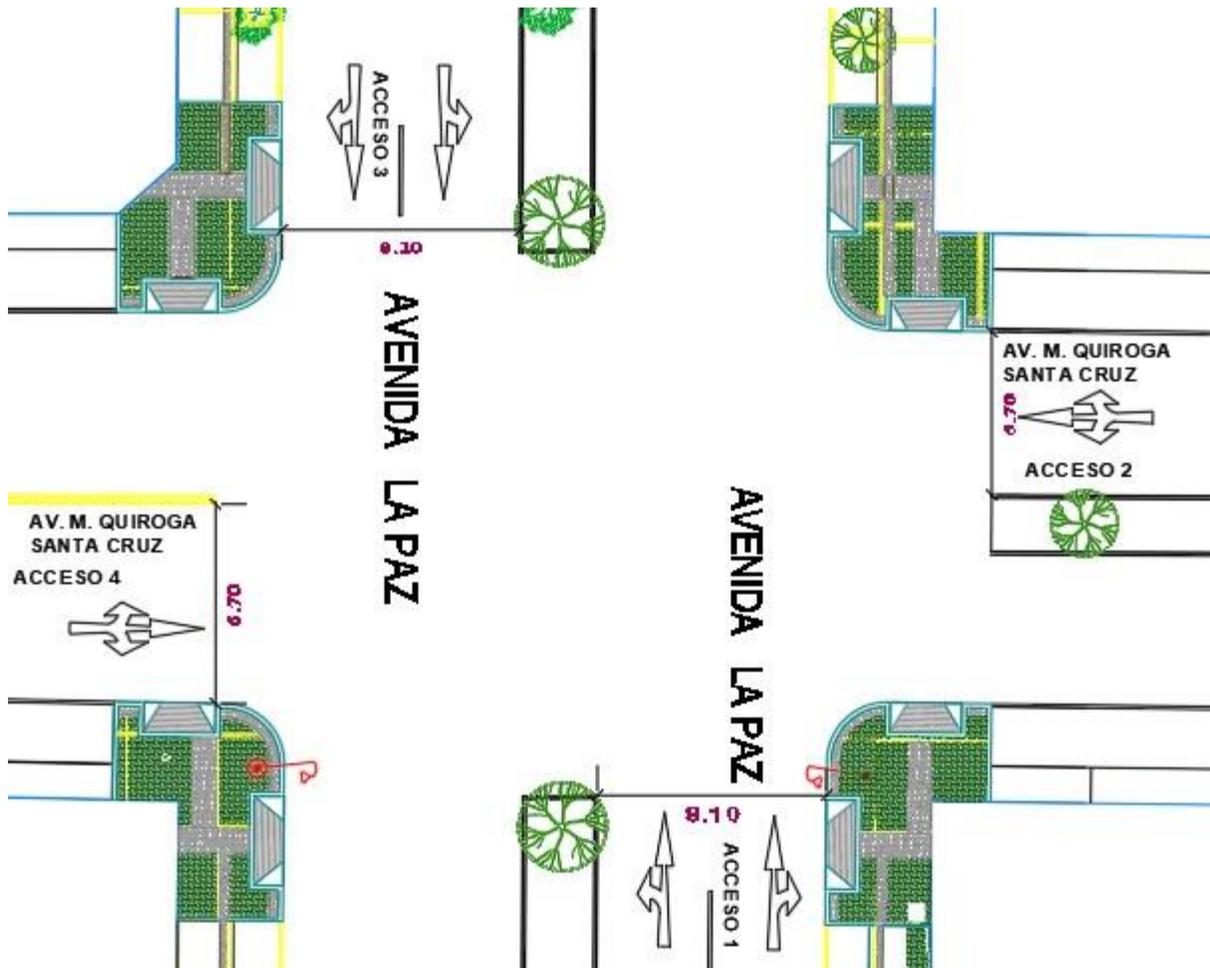
Para el ejemplo realizaremos el cálculo de la intersección numero 14 es decir la avenida La Paz con la avenida Marcelo Quiroga Santa Cruz que tiene un total de 4 accesos. Ambas son de doble sentido, la zona es central suburbana y residencial con estacionamiento permitido

Figura 3.3 Intersección N°14



Fuente: Google Maps

Figura 3.4 Accesos de la intersección N°14



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Tabla 3.11 Datos de la intersección N°14

Nombre de Vía	N° de Acceso	Ancho de Calzada [m]	%Giros a Izquierda	% Giro Derecha	Volumen total [Veh/hr]
Av La Paz	Acceso 1	8,10	21,56	11,63	803
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	6,70	13,98	10,41	567
Av. La Paz	Acceso 3	8,10	20,66	13,91	880
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	6,70	13,07	9,11	541

Con todos los datos obtenidos calculamos la capacidad teórica mediante el Abaco de vías interrumpidas de doble sentido, con el tipo de zona central sub urbana y residencial con estacionamiento permitido (Curva 1) y dicha capacidad según norma la reducimos un 10 por ciento para obtener la capacidad práctica.

$$CAP\ practica = CAP\ teorica * 0,9$$

Tabla Para Doble Vía



Con el Abaco obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 3.12 Capacidad Teórica

Nombre de Vía	Nº de Acceso	CAP teórica [Veh/h]
Av La Paz	Acceso 1	2550
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	2300
Av. La Paz	Acceso 3	2550
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	2300

Con la capacidad teórica procedemos a calcular la capacidad practica

$$CAP_{practica} = 2550 * 0,9 = 2295 Veh/hr$$

$$CAP_{practica} = 2300 * 0.9 = 2070 Veh/hr$$

$$CAP_{practica} = 2550 * 0,9 = 2295 Veh/hr$$

$$CAP_{practica} = 2300 * 0.9 = 2070 Veh/hr$$

Tabla 3.13 Capacidad Practica

Nombre de Via	N° de Acceso	CAP Practica [Veh/h]
Av La Paz	Acceso 1	2295
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	2070
Av. La Paz	Acceso 3	2295
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	2070

➤ **Factor de Reducción por vehículos pesados F_{VP}**

Como el porcentaje de vehículos pesados no supera el 10% no se determina su valor por lo tanto se coloca 1

$$F_{VP}=1$$

➤ **Factor de reducción por Giros a la Izquierda F_{GI}**

Si el porcentaje de giro a la izquierda el superior al 10% se debe calcular el factor de ajuste para este giro

se recude 1% cada 1% del tráfico que sobrepasa el 10% es decir

Tabla 3.14 Factor por Giro Izquierda

Nombre de Vía	N° de Acceso	%Giros a Izquierda	Factor por Giros a Izquierda [F_{GI}]
Av La Paz	Acceso 1	21,56	0,88
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	13,98	0,96
Av. La Paz	Acceso 3	20,66	0,89
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	13,07	0,97

➤ **Factor de reducción por Giros a la Derecha F_{GD}**

Si el porcentaje de giro a la izquierda es superior al 10% se debe calcular el factor de ajuste para este giro. Se reduce 0.5% cada 1% del tráfico que sobrepasa el 10% es decir.

Tabla 3.15 Factor por Giro Derecha

Nombre de Vía	N° de Acceso	%Giros a Derecha	Factor por Giros a Derecha [F _{GD}]
Av La Paz	Acceso 1	11,63	0,99
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	10,41	1,00
Av. La Paz	Acceso 3	13,91	0,98
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	9,11	1,00

➤ **Factor de reducción por parada F_{PA}**

Según norma dice por paradas de ómnibuses antes de la intersección restar el 10% por parada de ómnibuses después de la intersección, restar 5%

Como en esta intersección no existe una parada factor de reducción sería:

$$F_{PA} = 1$$

Tabla 3.16 Resultados de los Factores de Reducción

Nombre de Vía	N° de Acceso	Factor de vehículos pesados [F _{vp}]	Factor por Giros a Izquierda [F _{GI}]	Factor por Giros a Derecha [F _{GD}]	Factor por Paradas [F _{PA}]
Av La Paz	Acceso 1	1	0,88	0,99	1
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	1	0,96	1,00	1
Av. La Paz	Acceso 3	1	0,89	0,98	1
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	1	0,97	1,00	1

Finalmente se calcula la capacidad real multiplicando la capacidad practica por los factores de reducción

$$CAP\ real = CAP\ practica * F_{VP} * F_{GI} * F_{GD} * F_{PA}$$

$$CAP\ real = 2295 * 1 * 0.88 * 0.99 * 1 = 1999.40\ Veh/hr$$

$$CAP\ real = 2070 * 1 * 0.96 * 1 * 1 = 11987.20\ Veh/hr$$

$$CAP\ real = 2295 * 1 * 0.89 * 0.98 * 1 = 2001.67\ Veh/hr$$

$$CAP\ real = 2070 * 1 * 0.97 * 1 * 1 = 2007.9\ Veh/hr$$

Nombre de Vía	Nº de Acceso	CAP Real [Veh/hr]
Av La Paz	Acceso 1	1999,40
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	1987,2
Av. La Paz	Acceso 3	2001,67
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	2007,9

3.4.4 Ejemplo de Nivel de Servicio

El nivel de servicio se determina calculando la relación del volumen y la capacidad vehicular real V/C, posteriormente se compara el resultado con la Tabla 1.3 asignándole de esta manera un nivel de servicio al acceso

Nombre de Vía	Nº de Acceso	Factor de Carga V/C	Nivel de Servicio
Av La Paz	Acceso 1	0,4	D
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 2	0,3	C
Av. La Paz	Acceso 3	0,4	D
Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	Acceso 4	0,3	C

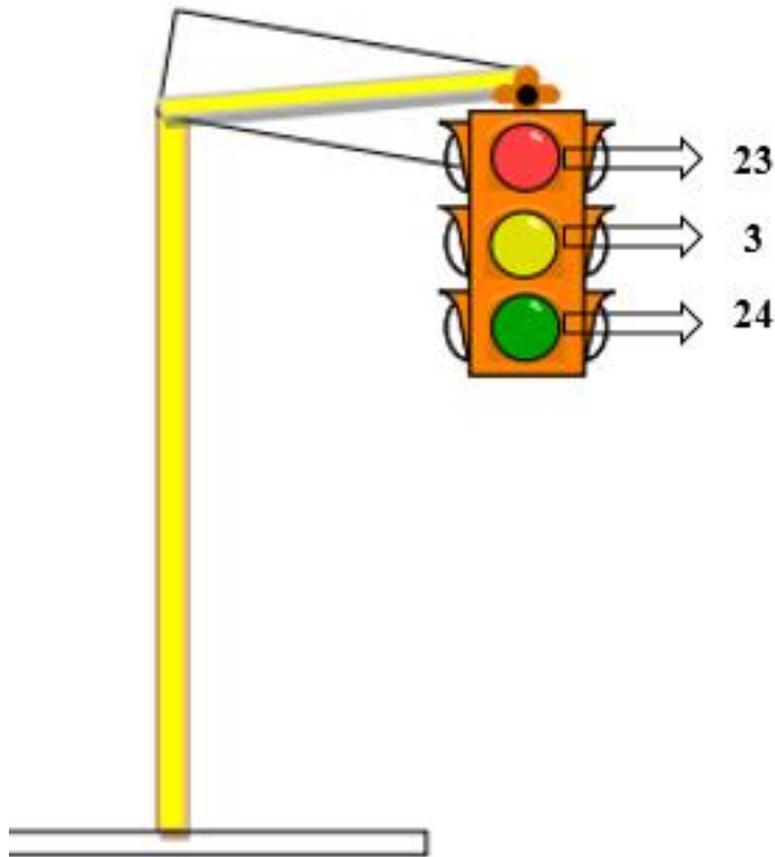
Según la tabla 1.3 el nivel de servicio D representa un flujo próximo al flujo inestable mientras que el nivel de servicio C representa un flujo estable

3.5 Diseño de SemafORIZACIÓN

Según los resultados obtenidos en toda el área de estudio, solo dos intersecciones cumplen con las condiciones de la norma aashto para el diseño de semaforización.

Estas intersecciones son la N°14 la avenida La Paz con la avenida Marcelo Quiroga Sta. Cruz y la intersección N° 19 que es la avenida La Paz con la avenida Néstor Paz.

Se procedió a medir el tiempo de rojo, verde y amarillo de los semáforos que se encuentra sobre la avenida Circunvalación y avenida La Paz y así obtener el tiempo de ciclo que usaremos para el cálculo de los semáforos de nuestra zona de estudio



Tiempo de ciclo= 50 seg

3.5.1 Tiempos calculados con los volúmenes Actuales

Intersección N°14 Avenida La Paz y avenida Marcelo Quiroga Sta. Cruz

Datos:

C=50 seg

tam (ida)=3seg

tam (ret) =3seg

VA=880 Veh

VB=541 Veh

Formulas

$$C = t_{VA} + t_{VB} + tam(ida) + tam(ret)$$

$$50 = t_{VA} + t_{VB} + 3 + 3$$

$$t_{VA} + t_{VB} = 44 \quad \text{ecc. 1}$$

$$\frac{VA * ta(ida)}{t_{VA}} = \frac{VB * ta(ret)}{t_{VB}}$$

$$\frac{880 * 3}{t_{VA}} = \frac{541 * 3}{t_{VB}}$$

$$\frac{t_{VB}}{t_{VA}} = \frac{541 * 3}{880 * 3} = 0.61$$

$$t_{VB} = 0.61t_{VA} \quad \text{ecc. 2}$$

Reemplazar ecc 2 en ecc 1

$$t_{VA} + t_{VB} = 44$$

$$t_{VA} + 0.61t_{VA} = 44$$

$$1.61t_{VA} = 44$$

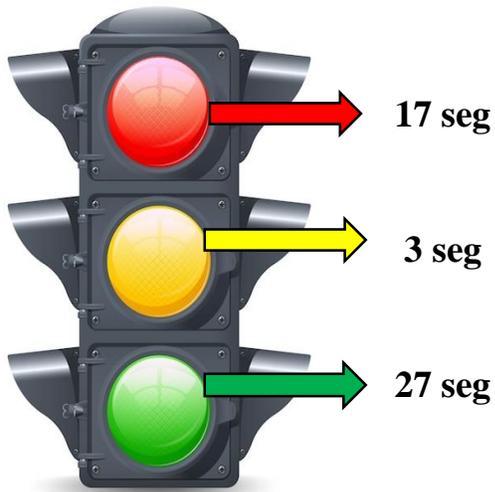
$$t_{VA} = \frac{44}{1.61} = 27 \text{seg}$$

Reemplazar T_{VA} en ecc 2

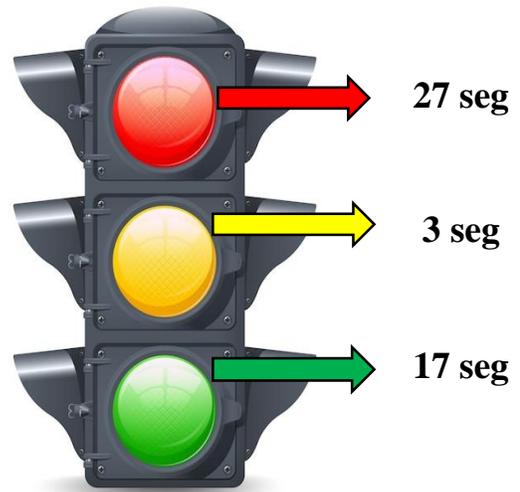
$$t_{VB} = 0.61t_{VA}$$

$$t_{VB} = 0.61 * 27 = 17 \text{seg}$$

Semáforo Principal



Semáforo Secundario



➤ **Intersección N°19 Avenida La Paz y avenida Néstor Paz**

Datos:

C=50 seg

tam (ida)=3seg

tam (ret) =3seg

VA=744 Veh

VB=631 Veh

$$C = t_{VA} + t_{VB} + tam(ida) + tam(ret)$$

$$50 = t_{VA} + t_{VB} + 3 + 3$$

$$t_{VA} + t_{VB} = 44 \quad \text{ecc. 1}$$

$$\frac{VA * ta(ida)}{t_{VA}} = \frac{VB * ta(ret)}{t_{VB}}$$

$$\frac{744 * 3}{t_{VA}} = \frac{631 * 3}{t_{VB}}$$

$$\frac{t_{VB}}{t_{VA}} = \frac{631 * 3}{744 * 3} = 0.85$$

$$t_{VB} = 0.85t_{VA} \quad \text{ecc. 2}$$

Reemplazar ecc 2 en ecc 1

$$t_{VA} + t_{VB} = 44$$

$$t_{VA} + 0.85t_{VA} = 44$$

$$1.85t_{VA} = 44$$

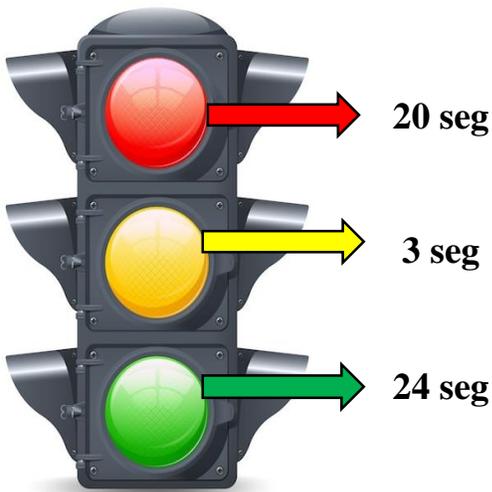
$$t_{VA} = \frac{44}{1.85} = 24 \text{seg}$$

Reemplazar T_{VA} en ecc 2

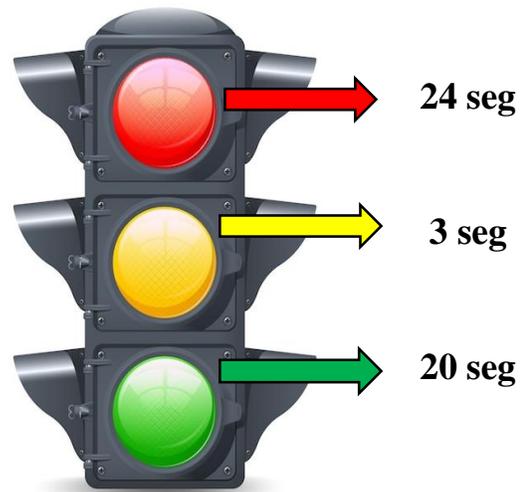
$$t_{VB} = 0.85t_{VA}$$

$$t_{VB} = 0.85 * 24 = 20 \text{seg}$$

Semáforo Principal



Semáforo Secundario



3.6 Diseño de Señalización

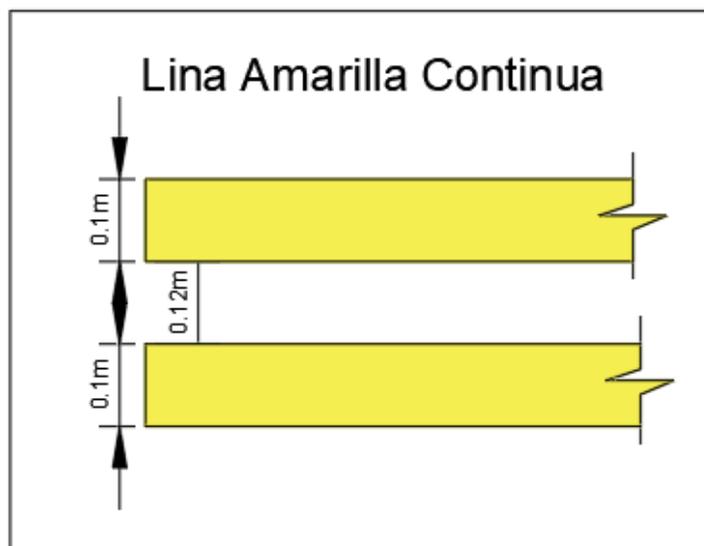
Para el diseño de la señalización en cada una de las intersecciones a ser analizadas se procedió a realizar una inspección visual, para poder determinar el estado de las señales tanto verticales como horizontales

En dicha inspección se observó que las señales que existen en los pavimentos se encuentran en mal estado y que en varias intersecciones no existen señales o que están en muy mala situación llegando a no ser perceptibles tanto para peatones como para los conductores, siendo un riesgo para posibles accidentes. En la tabla siguiente se presentará las observaciones que se tuvo en cada una de las intersecciones

3.6.1 Señales horizontales

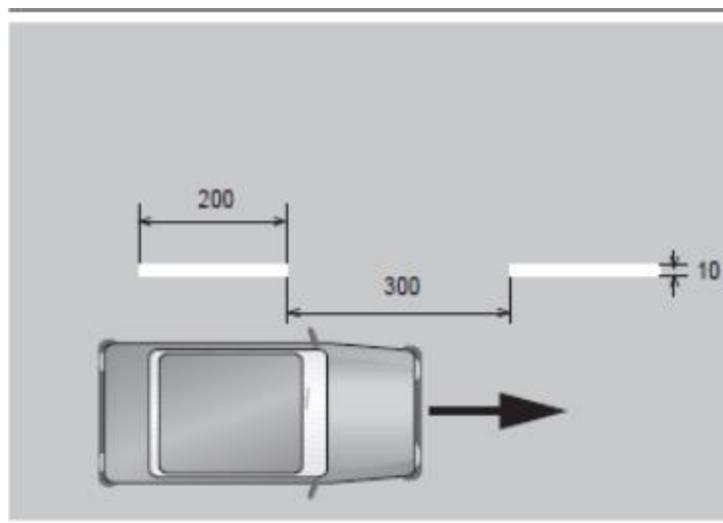
A lo largo de la avenida La Paz y la avenida Néstor Paz la mayoría de la señalización horizontal esta despintada, lo que lo hace imperceptible en todas las intersecciones, en ese sentido se presenta a continuación un detalle del señalamiento horizontal.

Figura 3.5 Señalamiento Horizontal Longitudinal



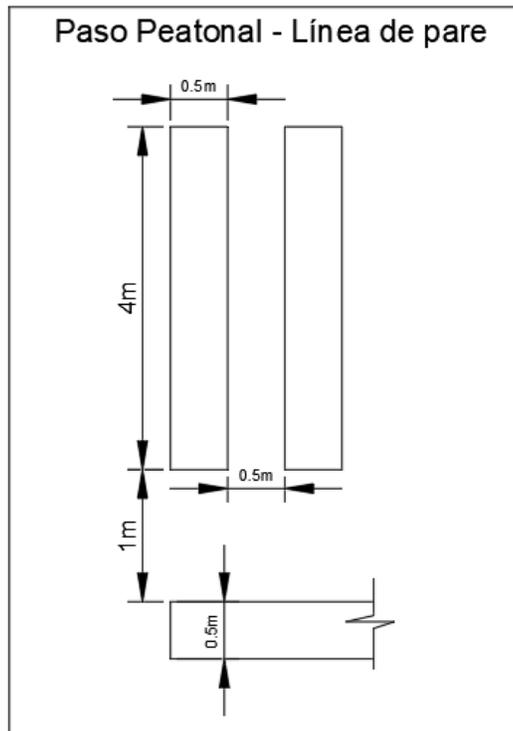
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.6 Línea Blanca Discontinua



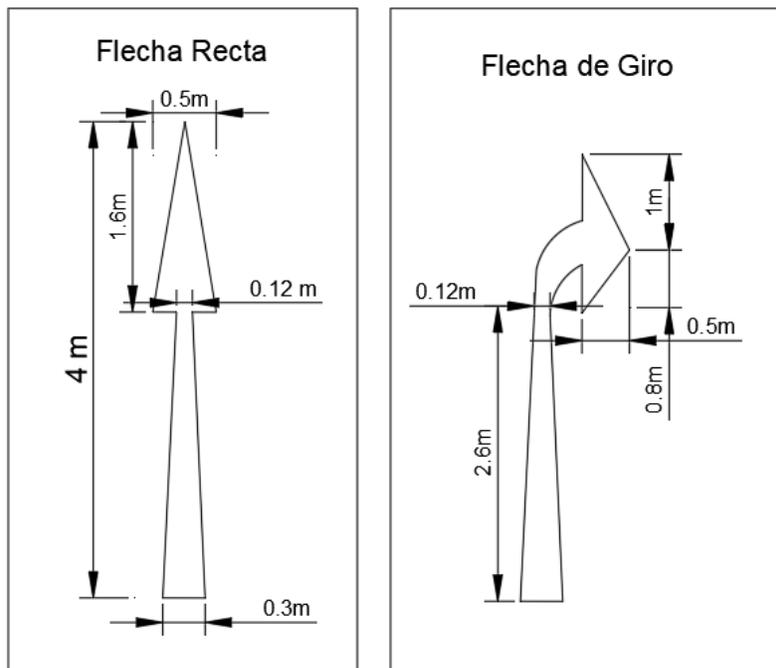
Fuente: Manual de Señalamiento de Transito de la ABC

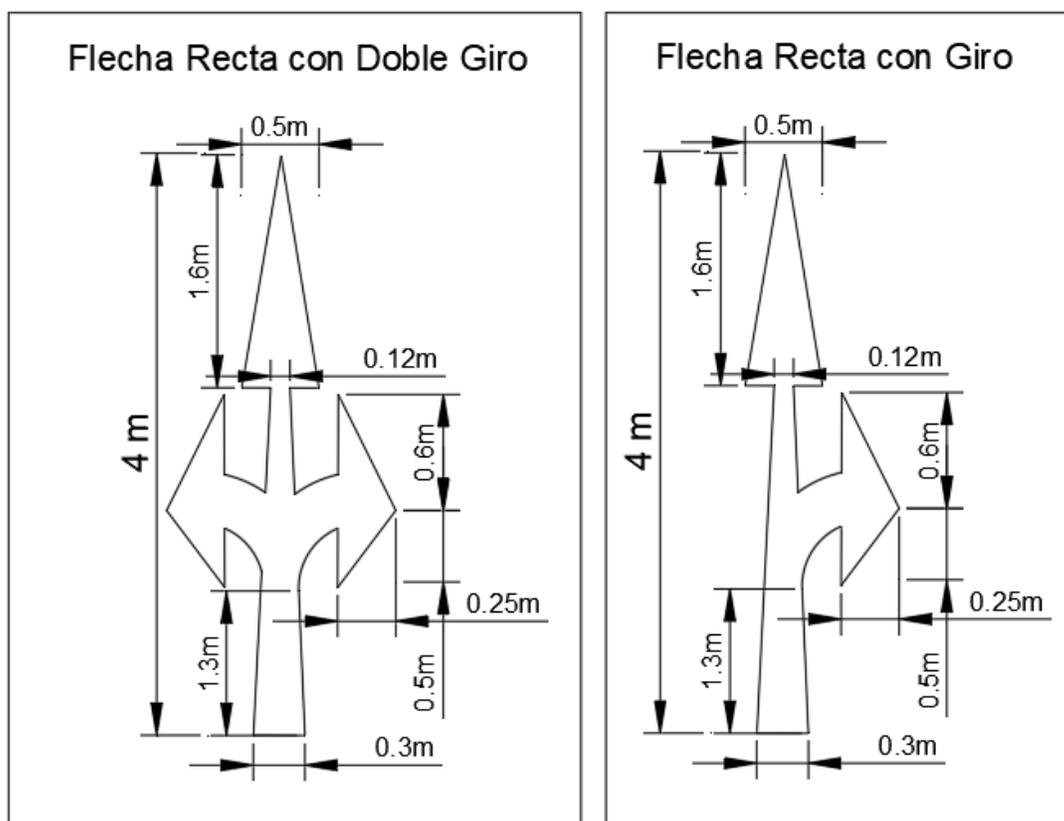
Figura 3.7 Señalamiento Horizontal Transversal



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.8 Señalamiento Horizontal Flechas





Fuente: Elaboración Propia

Se realizó una lista de todos los señalamientos horizontales observados en todas las intersecciones de la zona de estudio y se puso una breve descripción de cada señalización y su estado en el que se encuentra cada uno

Tabla 3.17 Señalamiento Horizontal Longitudinal

Intersecc.	Tipo de Señal	Nº	Ancho [m]	Largo [m]	Descripción
1 a 3	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	102	La línea blanca discontinua se encuentra mayormente imperceptible a la vista del conductor, motivo por el cual existe invasión de carril
2 a 4	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	150	
3 a 5	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	85	
4 a 6	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	73	
5 a 7	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	50	
6 a 9	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	184	
7 a 8	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	122	
8 a 10	Línea Blanca Discontinua	1	0,1	123	

9 a 11	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	79	La línea blanca discontinua se encuentra despintada e imperceptible en la mayoría de los tramos
10 a 12	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	63	
11 a 14	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	160	
12 a 13	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	58	
13 a 14	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	67	
14 a 15	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	55	
14 a 16	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	102	
15 a 17	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	50	
16 a 19	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	148	
17 a 18	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	111	
18 a 19	Linea Blanca Discontinua	1	0,1	63	la línea amarilla continua se encuentra despintada e imperceptible en la mayoría de los tramos. La línea blanca discontinua se encuentra mayormente imperceptible y despintada en todos los tramos
19 a 21	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	200	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
19 a 22	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	55	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
20 a 21	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	63	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
22 a 23	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	56	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
23 a 24	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	55	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
24 a 25	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	50	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
25 a 26	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	46	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
26 a 27	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	40	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
27 a 28	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	43	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
28 a 29	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	67	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		
29 a 30	Linea Blanca Discontinua	2	0,1	113	
	Linea Amarilla Continua	1	0,1		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.18 Señalamiento Horizontal Transversal

Intersecc.	Tipo de Señal	Nº	Ancho [m]	Largo [m]	Descripción
1	Paso Peatonal Tipo cebra	24	0,5	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Línea de Pare Acceso 1	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 2	1	7	0,5	
2	Paso Peatonal Tipo cebra	25	0,5	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Línea de Pare Acceso 1	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 2	1	7,2	0,5	
7	Paso Peatonal Tipo cebra	7	0,5	4	Despintada e imperceptible
	Línea de Pare Acceso 2	1	6,5	0,5	
14	Paso Peatonal Tipo cebra	36	0,5	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Línea de Pare Acceso 1	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 2	1	6,7	0,5	
	Línea de Pare Acceso 3	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 4	1	6,7	0,5	
19	Paso Peatonal Tipo cebra	30	0,5	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Línea de Pare Acceso 1	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 2	1	6	0,5	
	Línea de Pare Acceso 3	1	8,1	0,5	
	Línea de Pare Acceso 4	1	6	0,5	
25	Paso Peatonal Tipo cebra	34	0,5	4	poco imperceptible en todos los accesos
	Línea de Pare Acceso 1	1	6	0,5	
	Línea de Pare Acceso 2	1	7,2	0,5	
	Línea de Pare Acceso 3	1	6	0,5	
	Línea de Pare Acceso 4	1	5,9	0,5	

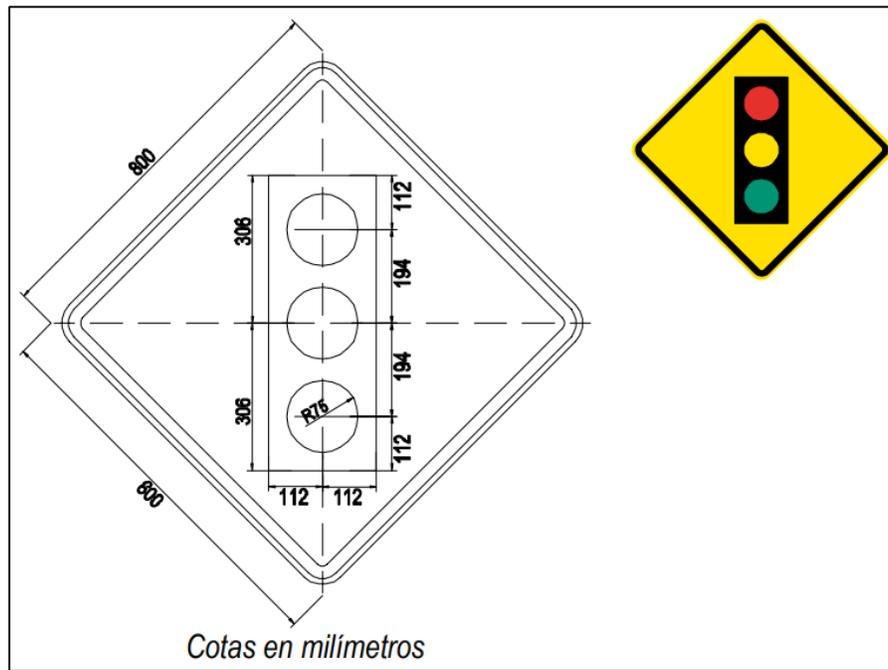
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.19 Señalamiento Horizontal Flechas

Intersección	Tipo de Señal	Nº	Descripción
1	Flecha Recta	2	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Flecha recta con Doble Giro	2	
2	Flecha Recta	2	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Flecha recta con Doble Giro	2	
14	Flecha Recta	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Flecha recta con Doble Giro	4	
19	Flecha Recta	4	Despintada e imperceptible en todos los accesos
	Flecha recta con Doble Giro	4	
25	Flecha Recta	4	poco imperceptible en todos los accesos
	Flecha recta con Doble Giro	4	

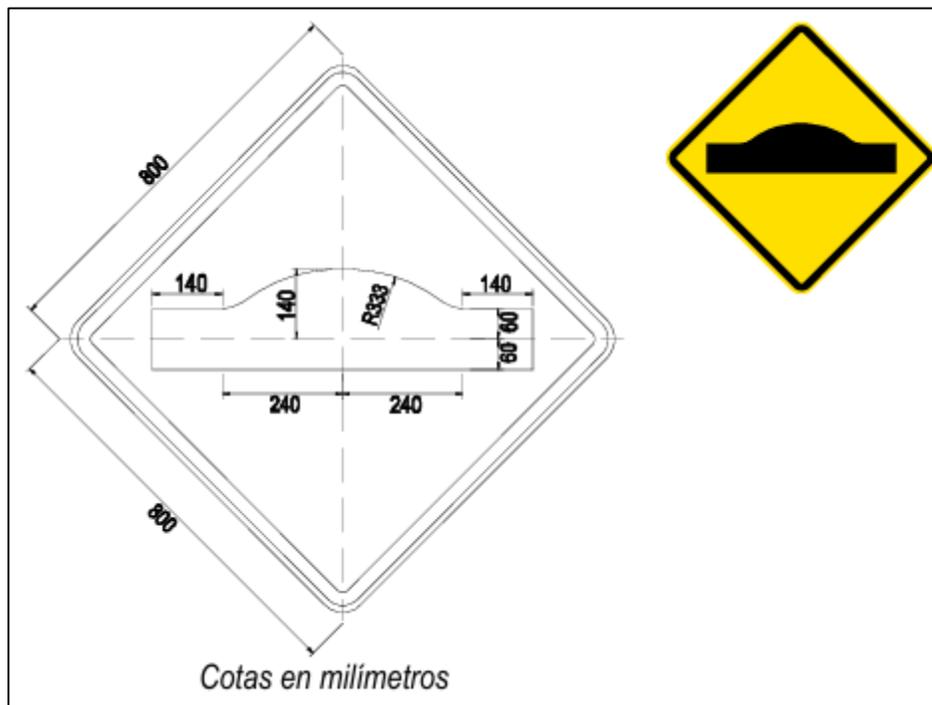
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.11 Proximidad de Semáforo



Fuente: Manual de Señalamiento de Transito de la ABC

Figura 3.12 Resalto



Fuente: Manual de Señalamiento de Transito de la ABC

3.7 Propuestas de solución al problema

Propuesta N°1 - Implementar señalización horizontal

Realizar el pintado de las señales necesarias como, división de carriles, pintado de paso peatonal, sentido de flujo en cada intersección para que a través de la señalización horizontal el usuario conductor y peatón pueda circular por un carril ya definido según la maniobra que este ha de realizar.

Propuesta N°2 - Implementar señalización vertical

De igual manera implementar señales verticales en las intersecciones para la identificación del nombre de las calles, zonas escolares cercanas, cruce peatonal, proximidad de resaltos y semáforos, entre otras señales que ayuden al conductor a mejorar su transitabilidad

Propuesta N°3 - Implementación de semaforización

El estudio realizado con este proyecto, da como resultado la implementación de sistemas de semaforización en las intersecciones N°14 y N° 19, lo cual será de mucho provecho para poder controlar y coordinar el flujo vehicular, disminuir el riesgo de accidentes futuros tanto para los peatones como para los vehículos.

3.8 Costo Económico de señalización y semaforización

Presupuesto General					
Ítem N°	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	Señalamiento Horizontal Longitudinal	m ²	522,9	83,85	43.843,57
2	Señalamiento Horizontal Transversal	m ²	1306,25	83,85	109.525,08
3	Señalamiento Horizontal Flechas	m ²	144,04	83,85	12.077,31
4	Señalamiento Vertical Preventiva	pieza	19	1589,75	30.205,18
5	Señalamiento Vertical reglamentaria	pieza	5	1589,75	7.948,73
6	Señalamiento Vertical informativa	pieza	41	1459,07	59.821,72
7	Sistema de semaforización	Inter.	2	103279,54	206.559,09
Total General					469.980,69
Literal : cuatrocientos sesenta y nueve mil novecientos ochenta 69/100 Bs.					

Las especificaciones, los cálculos métricos y el precio unitario se mostrarán en la parte de anexos

3.9 Análisis de Resultados

3.9.1 Análisis de velocidad

La velocidad es uno de los principales parámetros que nos ayuda a evaluar la calidad operativa de un acceso, una intersección y de una red de vías.

Al realizar el aforo de velocidad en los veinte puntos ubicados en las dos avenidas se obtuvo los siguientes resultados

Tabla 3.20 Resultado de velocidades de punto

Punto de Aforo	Nombre de Vía	Velocidad [Km/hr]
1	Avenida La Paz entre palmar y Ramos	19,93
2	Avenida La Paz entre calle La Cueva y San Roque	18,72
3	Avenida La Paz entre Ramos y Av. Capirenda	30,06
4	Avenida La Paz entre Av. Capirenda y Aguas Blancas	20,09
5	Avenida La Paz entre calle San Pedro y San Antonio	34,00
6	Avenida La Paz entre calle Pasaje Ramos y Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz	31,26
7	Avenida La Paz entre calle 20 de Agosto y 10 de Noviembre	19,83
8	Avenida La Paz entre calle Bereti y Serere	17,69
9	Avenida La Paz entre calle Pasaje Estensoro y Marcelo Quiroga Santa Cruz	29,39
10	Avenida La Paz entre calle Andes y Av. Néstor Paz	16,93
11	Avenida Néstor Paz entre calle El Chore y Av. La Paz	31,83
12	Avenida Néstor Paz entre Av. La paz y Av. Salinas	25,63
13	Avenida Néstor Paz entre calle Ricardo Estensoro y Belisario Torrez	20,25
14	Avenida Néstor Paz entre calle Belisario Torrez y Ricardo Estensoro	23,52
15	Avenida Néstor Paz entre calle Luis Castrillo y Antonio Borda	15,16
16	Avenida Néstor Paz entre calle Antonio Borda y Luis Castrillo	14,64
17	Avenida Néstor Paz entre calle Antonio Borda y Cira Vaca	17,12
18	Avenida Néstor Paz entre calle Cira Vaca y Salvador Campero	20,24
19	Avenida Néstor Paz entre calle Salvador Campero y Antonio Borda	17,95
20	Avenida Néstor Paz entre calle Mario Olaguivel y Av. San Bernardo	32,36

El estudio de velocidades demuestra que los vehículos que circulan por la avenida La Paz viajan a mayor velocidad que los vehículos que circulan por la avenida Néstor Paz, se hizo un análisis y se obtuvo la máxima y mínima velocidad de circulación en ambas avenidas

Tabla 3.21 Velocidades máximas y mínimas

Nombre de vía	Velocidad Máxima [Km/hr]	Velocidad Mínima [Km/hr]
Av. La Paz	34	16,93
Av. Néstor Paz	32,36	14,64

En la avenida La Paz la zona donde la velocidad es máxima se ubica entre las calles San Pedro y San Antonio, la causa por la que los conductores van a mayor velocidad sobre este tramo es la pendiente y la longitud entre las dos intersecciones que es de 122 metros, por estos dos motivos la velocidad de circulación es alta

En el caso de la avenida Néstor Paz el tramo de mayor velocidad se encuentra entre las calles Mario Olaguivel y Avenida San Bernardo y la causa también es la pendiente que es muy pronunciada y como se encuentra casi al final de la zona con pendiente su velocidad siempre tiende a ser la más alta.

Con respecto a las velocidades mínimas la que se encuentra sobre la avenida Néstor Paz entre las calles Luis castrillo y Antonio borda, su causa se debe a que por esta zona se encuentra un área escolar por lo que los conductores tienden a ir más despacio y así evitar una infracción por los policías de tránsito.

3.9.2 Análisis de volúmenes

El volumen es otro de los principales parámetros que nos ayuda a evaluar la calidad operativa de un acceso, una intersección y de una red de vías.

En la zona de estudio se definió 30 puntos de aforo para la medición de volúmenes y se aforo por un mes, tres veces a la semana

Al realizar el aforo de las 30 intersecciones se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 3.22 Resultado de Volumen Vehicular 1 de 2

Intersección	Nombre de vía	N° de Acceso	Volumen total [Veh/hr]
1	Av La Paz	1	536,0
	Calle San Roque	2	127,0
2	Av La Paz	1	640
	Calle El Palmar	2	157
3	Av La Paz	1	398
	Calle La Cueva	2	40
4	Av La Paz	1	504
	Calle Prado	2	39
5	Av La Paz	1	554
	Calle Jacinto Rodríguez	2	44
6	Av LA Paz	1	667
	Av. Capirenda	2	129
7	Av La Paz	1	459
	Calle San Antonio	2	126
8	Av LA Paz	1	382
	Calle San Pedro	2	149
9	Av La Paz	1	414
	Calle Aguas Blancas	2	31
10	Av La Paz	1	404
	Calle San Placido	2	32
11	Av La Paz	1	410
	Calle Pasaje Ramos	2	42
12	Av La Paz	1	393
	Calle 10 de Noviembre	2	44
13	Av La Paz	1	368
	Calle 20 de Agosto	2	44
14	Av La Paz	1	803
	Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	2	567
	Av. La Paz	3	880
	Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	4	541
15	Av La Paz	1	444
	Calle Bereti	2	54
16	Av La Paz	1	473
	Calle Pasaje Estensoro	2	43
17	Av La Paz	1	473
	Calle Serere	2	40
18	Av La Paz	1	498
	Calle Andes	2	26
19	Av La Paz	1	804
	Av. Néstor Paz	2	649
	Av. La Paz	3	744
	Av. Néstor Paz	4	631

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.23 Tabla Resultado de Volumen Vehicular 2 de 2

Intersección	Nombre de vía	N° de Acceso	Volumen total [Veh/hr]
20	Av. Néstor Paz	1	442
	Av. Salinas	2	306
	Av. Salinas	3	284
21	Av Néstor Paz	1	434
	Calle El Chore	2	65
22	Av. Néstor Paz	1	391
	Calle Ricardo Estensoro	2	178
	Av. Néstor Paz	3	516
	Calle Ricardo Estensoro	4	275
23	Av. Néstor Paz	1	523
	Calle Belisario Torrez	2	200
	Av. Néstor Paz	3	492
	Calle Belisario Torrez	4	230
24	Av. Néstor Paz	1	391
	Calle Luis Castrillo	2	178
	Av. Néstor Paz	3	516
	Calle Luis Castrillo	4	275
25	Av. Néstor Paz	1	516
	Calle Antonio Borda	2	130
	Av. Néstor Paz	3	508
	Calle Antonio Borda	4	122
26	Av. Néstor Paz	1	560
	Calle Cira Vaca	2	132
	Av. Néstor Paz	3	510
27	Av. Néstor Paz	1	393
	Calle Salvador Campero	2	90
	Av. Néstor Paz	3	377
	Calle Salvador Campero	4	76
28	Av. Néstor Paz	1	437
	Calle Mario Olaguivel	2	75
	Av. Néstor Paz	3	410
	Calle Mario Olaguivel	4	67
29	Av. Néstor Paz	1	291
	Av. San Bernardo	2	95
	Av. Néstor Paz	3	291
	Av. San Bernardo	4	282
30	Av. Néstor Paz	1	249
	Calle Salamanca	2	166
	Calle Salamanca	3	176

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se anotan en el resumen de datos de aforos vehiculares son el resultado de la sumatoria de todos los vehículos que circulan por el acceso sin importar el tipo de vehículos (livianos, medianos y pesados), ni los movimientos o giros que realicen (giro hacia la izquierda, giro hacia la derecha o movimiento recto).

Analizando los datos obtenidos de los volúmenes en toda la zona de estudio se pudo determinar 2 intersecciones que necesitan un sistema de semaforización.

La primera es la intersección N° 14, la avenida La Paz con la avenida Marcelo Quiroga Sta. Cruz en esta intersección se presenta el mayor flujo vehicular a pesar de haber reductores de velocidad sobre la avenida La Paz, el tráfico sigue siendo muy denso y la libertad de la velocidad y las maniobras quedan seriamente restringidas.

La segunda intersección que necesita semáforo es la N°19, la avenida La Paz con la avenida Néstor Paz, en esta intersección a pesar de tener menor volumen de tráfico que la anterior es la que tiene mayor demora en ambas avenidas, este es debido a las ferias que se realizan en el campo ferial, esto ocasiona que el flujo vehicular y peatonal aumenten y la velocidad y las maniobras quedan restringidas al grado de ocasionar un atascamiento vehicular. Por tales motivos además de que cumple con las condiciones según la norma, se optó por el diseño de un sistema de semaforización.

También se analizó la intersección N°25 que es la avenida Néstor Paz con la Calle Antonio Borda ya que en esta intersección existe una zona escolar pero los volúmenes vehiculares y peatonales no cumplen con lo exigido en la norma por lo cual solo se colocaran las señales horizontales y verticales respectivas como el cruce peatonal tipo cebra, ceda el paso, señalización vertical de zona escolar, señalización para los reductores de velocidad, una parada de micros

3.9.3 Análisis de resultados de capacidad y nivel de servicio

Al momento de realizar un análisis de calidad de servicio de vías es importante ejecutar la comparativa de capacidad (oferta) y el volumen vehicular actual que circula (demanda) en una relación V/C. Para un análisis más completo es necesario conocer las características físicas y geométricas de las vías además del comportamiento del flujo vehicular y las condiciones de operación.

Tabla 3.24 Resultado de Nivel de Servicio 1 de 2

Intersección	Nombre de vía	Nº de Acceso	Nivel de Servicio
1	Av La Paz	1	C
	Calle San roque	2	B
2	Av La Paz	1	C
	Calle El Palmar	2	B
3	Av La Paz	1	C
	Calle La Cueva	2	B
4	Av La Paz	1	C
	Calle Prado	2	B
5	Av La Paz	1	C
	Calle Jacinto Rodriguez	2	B
6	Av LA Paz	1	C
	Av. Capirenda	2	B
7	Av La Paz	1	C
	Calle San Antonio	2	B
8	Av LA Paz	1	C
	Calle San Pedro	2	B
9	Av La Paz	1	C
	Calle Aguas Blancas	2	A
10	Av La Paz	1	C
	Calle San Placido	2	A
11	Av La Paz	1	C
	Calle Pasaje Ramos	2	A
12	Av La Paz	1	C
	Calle 10 de Noviembre	2	A
13	Av La Paz	1	C
	Calle 20 de Agosto	2	A
14	Av La Paz	1	D
	Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	2	C
	Av. La Paz	3	D
	Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz	4	C
15	Av La Paz	1	C
	Calle Bereti	2	B
16	Av La Paz	1	C
	Calle Pasaje Estensoro	2	A
17	Av La Paz	1	C
	Calle Serere	2	A
18	Av La Paz	1	C
	Calle Andes	2	A
19	Av La Paz	1	D
	Av. Nestor Paz	2	D
	Av. La Paz	3	D
	Av. Nestor Paz	4	D

Tabla 3.25 Resultado de Nivel de Servicio 1 de 2

Intersección	Nombre de via	Nº de Acceso	Nivel de Servicio
20	Av. Nestor Paz	1	D
	Av. Salinas	2	D
	Av. Salinas	3	C
21	Av Nestor Paz	1	C
	Calle El Chore	2	B
22	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Ricardo Estensoro	2	C
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Ricardo Estensoro	4	C
23	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Belisario Torrez	2	C
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Belisario Torrez	4	C
24	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Luis Castrillo	2	B
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Luis Castrillo	4	C
25	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Antonio Borda	2	B
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Antonio Borda	4	B
26	Av. Nestor Paz	1	D
	Calle Cira Vaca	2	C
	Av. Nestor Paz	3	C
27	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Salvador Campero	2	B
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Salvador Campero	4	B
28	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Mario Olaguivel	2	B
	Av. Nestor Paz	3	C
	Calle Mario Olaguivel	4	B
29	Av. Nestor Paz	1	C
	Av. San Bernardo	2	B
	Av. Nestor Paz	3	C
	Av. San Bernardo	4	C
30	Av. Nestor Paz	1	C
	Calle Salamanca	2	C
	Calle Salamanca	3	B

Las primeras intersecciones todas presentan un flujo estable (nivel de servicio B y C) algunos casos presentan un flujo libre (Nivel de servicio A). Se observa que la avenida principal pese a ser el acceso que mayor volumen vehicular recibe se mantiene en un nivel de servicio estable “C”, esto se debe a que es un acceso que trabaja a 2 carriles

La intersección 8 presenta un nivel de servicio C en la calle principal y un nivel de servicio B en la secundaria, la calle secundaria es obstruida por comerciantes debido a la feria de ropa americana que se realiza todos los jueves, esto hace que el volumen vehicular de la calle principal aumente y el flujo vehicular sea entorpecido por los mismos comerciantes y por los autos mal estacionados

Se observa que la intersección N°14 presenta un nivel de servicio D en los accesos 1 y 3, lo que llama la atención es el nivel de servicio de los accesos 2 y 4 que a pesar de tener un volumen vehicular elevado presenta un nivel de servicio C, esto se debe a su amplia vía y al libre espacio de estacionamiento ya que en esta zona el estacionamiento es casi nulo a pesar de estar permitido.

El nivel de servicio en la intersección N°19 es el más crítico de toda la zona de estudio y es el cruce de las dos avenidas principales, los cuatro accesos operan con un nivel de servicio “D” un atenuante de este problema es que la intersección está al lado del campo ferial por lo que las fechas que se realizan las ferias en volumen de tráfico aumenta y la zona de estacionamiento se llena completamente lo que hace que se estacionen sobre la vía

La intersección 25 presenta un nivel de servicio C en la calle principal y un nivel de servicio B en la secundaria, a pesar que ser una zona muy transitada por la unidad educativa, al poseer un ancho de vía de mayor en la calle secundaria aumenta la capacidad vehicular lo que hace que es nivel de servicio y el flujo sea estable

La intersección 29 es el cruce de dos avenidas la principal presenta un nivel de servicio C y la secundaria un nivel de servicio B, siendo la principal la más crítica de esta intersección, ambas calles trabajan a doble carril y gracias a su ancho de vía ambas avenidas poseen una gran capacidad vehicular

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 Capítulo 4

4.1 Conclusiones

- El estudio de los aspectos vinculados a la ingeniería de tráfico (soluciones al problema de tráfico, clasificación de vías urbanas, etc.) y sus parámetros (velocidad, volumen, capacidad y nivel de servicio) ha permitido identificar patrones clave en la circulación vehicular. Estos patrones incluyen variaciones en el flujo de tráfico, puntos críticos de congestión y comportamientos típicos de los conductores en la zona de estudio. La comprensión de estos patrones es esencial para desarrollar estrategias eficaces que mejoren la gestión del tráfico y optimicen el uso de las infraestructuras viales.

- La determinación de las características geométricas y los puntos de aforo ha proporcionado una base sólida para el análisis del tráfico en la zona de estudio.

La avenida La Paz cuenta con un ancho de carril de 8.10 metros, mientras que la avenida Néstor Paz tiene 6 metros de carril, ambas avenidas cuentan con dos accesos. Todas las calles secundarias poseen diferente ancho de carril, la más ancha en la calle San Pedro que tiene 9.10 metro de vía y la más angosta es la calle Jacinto Rodríguez con 5.6 metro de vía.

Se seleccionaron 30 puntos de aforo según norma para poder obtener una muestra más completa sobre el flujo vehicular en toda la zona de estudio.

- Para determinar las horas pico de realizo un aforo desde la 6 de la mañana hasta las 10 de la noche y se establecieron 3 horas pico:
 - En la mañana de 7:00 a 8:00
 - En la tarde de 14:00 a 15:00
 - En la noche de 19:00 a 20:00

- La determinación de los parámetros de comportamiento de tráfico, como la velocidad y el volumen, ha ofrecido una visión clara del comportamiento vial en la zona de estudio. Estos parámetros han revelado patrones de velocidad máximos y mínimos, así como fluctuaciones en el volumen de tráfico, lo que ayuda a identificar problemas de congestión y eficiencia.

El resultado del aforo se velocidades se encuentra en la tabla 3.20

Al realizar el aforo de velocidad se determinó las velocidades máximas y mínimas en la dos avenidas

Nombre de vía	Velocidad Máxima [Km/hr]	Velocidad Mínima [Km/hr]
Av. La Paz	34	16,93
Av. Nestor Paz	32,36	14,64

Las velocidades máximas y mínimas se deben a la pendiente que existe en la zona de estudio.

Los resultados del aforo de volúmenes se muestran en la tabla 3.22 y 3.23.

Las intersecciones con mayor flujo vehicular son:

Las intersecciones N°14 (Av. La Paz y Av. Marcelo Quiroga Sta. Cruz) con más de 800 vehículos en la avenida principal y más de 500 vehículos en la avenida secundaria.

La intersección N°19 (Avenida La Paz y Av. Néstor Paz) con más de 800 vehículos en la avenida principal y 600 vehículos en la secundaria.

- La evaluación de los parámetros de capacidad y nivel de servicio ha permitido comprender la eficacia de las vías en el tramo de estudio. Estos parámetros han mostrado la capacidad de las infraestructuras para manejar el volumen de tráfico actual y han evaluado la calidad del servicio brindado a los usuarios.

Los resultados de capacidad y nivel de servicio se aprecian en la tabla 3.24 y 3.25

Se concluye que las intersecciones N° 14 y N°19 son las que poseen un nivel de servicio más desfavorable (Nivel de servicio D).

- Al realizar el análisis de los resultados se llegó a la conclusión de que las intersecciones más críticas en toda la zona de estudio son las intersecciones N°14 y N°19 por que poseen un flujo vehicular muy elevado y un nivel de servicio malo. Por lo tanto, es viable la colocación de semáforos en estas intersecciones ya que cumplen con los requisitos de la norma.

- Las propuestas presentadas para mejorar las condiciones de circulación en la Av. La Paz y la Av. Néstor Paz son las siguientes:

Propuesta N°1 - Implementar señalización horizontal

Realizar el pintado de las señales necesarias como, división de carriles, pintado de paso peatonal, sentido de flujo en cada intersección para que a través de la señalización horizontal el usuario conductor y peatón pueda circular por un carril ya definido según la maniobra que este ha de realizar.

Propuesta N°2 - Implementar señalización vertical

De igual manera implementar señales verticales en las intersecciones para la identificación del nombre de las calles, zonas escolares cercanas, cruce peatonal, proximidad de resaltos y semáforos, entre otras señales que ayuden al conductor a mejorar su transitabilidad

Propuesta N°3 - Implementación de semaforización

El estudio realizado con este proyecto, da como resultado la implementación de sistemas de semaforización en las intersecciones N° 14 y N° 19, lo cual será de mucho provecho para poder controlar y coordinar el flujo vehicular, disminuir el riesgo de accidentes futuros tanto para los peatones como para los vehículos.

4.2 Recomendaciones

- Mejorar la educación vial mediante programas de capacitación para conductores, implementación de talleres y charlas sobre seguridad vial en escuelas, realizar actividades prácticas como simulaciones de tráfico y juegos de rol para los estudiantes, etc.
- Mejorar las demarcaciones de los estacionamientos para que los conductores no se estacionen en lugares donde no es permitido, obstaculizando el paso de los demás vehículos.
- Que el tránsito haga cumplir las normas a través de controles más que todo en los días que existe mayor flujo vehicular que son los días de feria para que las propuestas planteadas tengan un efecto positivo al momento de usarlas.
- Que se haga respetar las paradas de micros y sancionar a aquellos micro que no respeten su parada, ya que los micros paran donde sea y provocan atascos y demoras.