

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# CÁPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La ingeniería de tráfico nace con la necesidad de establecer mejoras ante los congestionamientos vehiculares, con el pasar del tiempo se llega a incluir a la ingeniería de tráfico en los proyectos de creación de nuevos caminos.

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.

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico.

Dentro del estudio de tráfico vehicular, se analizará las características y componentes del tránsito, como ser volumen, capacidad máxima de tráfico, tránsito, 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.

Se debe tomar en cuenta el comportamiento de los peatones y conductores, que es la parte primordial del sistema, de ahí que es necesario estudiarlo y analizarlo para poder controlarlo y guiarlo adecuadamente dentro del sistema de tráfico vehicular.

En el presente proyecto se realizará el estudio del tráfico vehicular en la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz, con el fin de dar mejoras a su capacidad y nivel de servicio, realizando una comparación entre las condiciones actuales y las condiciones mejoradas de la circulación vehicular.

### 1.2. Introducción

El excesivo transporte en la avenida Circunvalación, nos lleva a la necesidad de buscar otras alternativas de circulación para disminuir el tráfico y así mismo agilizar el tiempo de llegada hasta ciertos lugares de la ciudad, un claro ejemplo es la Av. Marcelo Quiroga

Santa Cruz, esta avenida se convirtió en una de las más circuladas disminuyendo el tráfico en la Av. Circunvalación.

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 congestiónamiento 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.

En la ciudad de Tarija existen varias zonas que no cuentan con un estudio de tráfico, esto provoca congestiónamientos vehiculares incluso accidentes en intersecciones que no tienen un congestiónamiento vehicular, pero sin embargo estos accidentes se producen por falta de sistemas de señalización, semaforización u otras acciones que puedan mejorar la circulación vehicular y la seguridad del conductor como la del peatón.

### **1.3. Planteamiento del problema**

#### **1.3.1. Situación problema**

Actualmente existe un excesivo crecimiento del parque automotor, lo cual ocasiona grandes congestiónamientos en las avenidas principales de la ciudad de Tarija, para evitar dicho congestiónamiento que consume tiempo y combustible del vehículo los conductores buscan otras alternativas de circulación para llegar más rápido a su destino, una de estas alternativas para desviar el congestiónamiento de la Av. Circunvalación es circular por la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz.

La falta de señalización y semaforización en avenidas como la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz se hacen notar cuando esta tiene un tráfico congestionado y/o en horas pico, pues existen intersecciones críticas donde se producen accidentes de tránsito poniendo en riesgo la vida de conductores y peatones, esto debido a las grandes velocidades con las cuales circulan los vehículos por esta avenida, al no existir parámetros que restrinjan velocidades y normen la circulación vehicular.

Existen intersecciones que no cuentan con los estudios necesarios para su óptima calidad de circulación como ser las intersecciones con las Av. Gran Chaco, Av. La Paz, Av. San Bernardo, por estas situaciones de circulación se desea realizar el estudio de tráfico y así

establecer acciones que puedan mejorar su capacidad y nivel de servicio y a la vez reducir al mínimo el riesgo de accidentes.

### **1.3.2. Formulación del problema**

¿Será posible que a través de un estudio de tráfico vehicular sobre la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz se pueda mejorar su capacidad y nivel de servicio, implementando sistema de señalización y semaforización para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el comportamiento del tráfico vehicular sobre la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz a partir de un estudio de tráfico, con el fin que nos permita plantear acciones de mejoramiento de la circulación vehicular y así mismo reducir el riesgo de accidentes de tránsito en toda el área de estudio.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar los aspectos relacionados con la ingeniería de tráfico y sus parámetros para estudiar el comportamiento de la circulación vehicular.
- Determinar las características físicas y de comportamiento de tráfico del área de proyecto.
- Desarrollar un estudio de parámetros de tráfico vehicular, para determinar su comportamiento del tránsito vehicular.
- Determinar los parámetros necesarios para determinar la capacidad y nivel de servicio en cada intersección.
- Determinar los parámetros necesarios para determinar la capacidad y nivel de servicio en la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz.
- Realizar la comparación entre las condiciones actuales y las condiciones mejoradas en los sistemas de señalización, semaforización, etc.
- Establecer un análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones del estudio realizado a la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz

## **1.5. Justificación**

El excesivo transporte en la avenida circunvalación, nos lleva a la necesidad de buscar otras alternativas de circulación para disminuir el tráfico y así mismo agilizar el tiempo de

llegada hasta ciertos lugares de la ciudad, un claro ejemplo es la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz, esta avenida se convirtió en una de las más circuladas disminuyendo el tráfico en la Av. Circunvalación.

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 congestiónamiento 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.

En la ciudad de Tarija existen varias zonas que no cuentan con un estudio de tráfico, esto provoca congestiónamientos vehiculares incluso accidentes en intersecciones que no tienen un congestiónamiento vehicular, pero sin embargo estos accidentes se producen por falta de sistemas de señalización, semaforización u otras acciones que puedan mejorar la circulación vehicular y la seguridad del conductor como la del peatón.

## **1.6. Metodología**

### **1.6.1. Tipo de investigación o estudio**

El tipo de estudio será un proyecto de grado aplicado a la práctica.

### **1.6.2. Población y muestra**

Estudiaremos el comportamiento vehicular en área urbana.

La población será determinada a través de un aforo de volumen vehicular en un área urbana de la ciudad de Tarija.

La muestra es el comportamiento vehicular a través de un estudio de tráfico en la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz.

### **1.6.3. Muestreo**

Dentro del muestreo se tomará en cuenta 30 intersecciones que se encuentren sobre la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz.

En dichas intersecciones 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

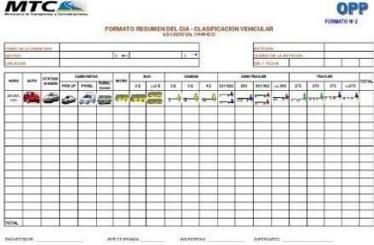
### 1.6.4. Métodos

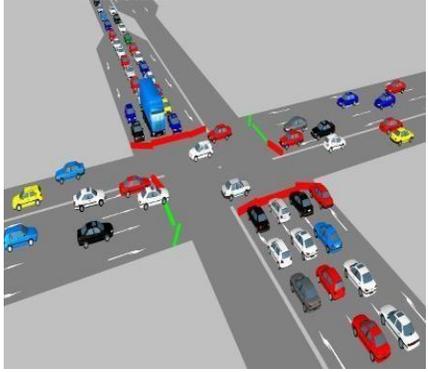
La técnica que se utilizará para la recopilación de datos será mediante el método empírico de medición, que consistirá en la elaboración de planillas de aforo y simulación de los datos obtenidos.

### 1.6.5. Instrumentos

Para los recabar dicha información se necesitará los siguientes instrumentos que se muestran a continuación:

**Tabla N° 1: Instrumentos a utilizar**

Figura	Nombre	Concepto
	Cronómetro	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.
	Huincha	Una Huincha, 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

	<p>Simulador de tráfico</p>	<p>Se utilizara un simulador de tráfico vehicular con el fin de simular el tráfico en las intersecciones críticas, teniendo en cuenta las diferentes variables que influyen en el resultado final, y pudiendo observar el comportamiento tanto individualmente como integrados.</p>
---	-----------------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

### 1.7. Alcance del proyecto

En el presente proyecto se analizará diferentes capítulos, en los cuales se analiza la metodología, introducción, parte teórica, parte práctica del proyecto, así también se observará el área de estudio y los parámetros de tráfico, en las conclusiones y recomendaciones se estudiará los datos obtenidos y una opción de tránsito.

Se desarrollará los antecedentes de la situación problemática, dando, así como resultado los objetivos del proyecto y la justificación, también se hará mención a la metodología utilizada y el alcance que tendrá el proyecto, tomando en cuenta que el área de estudio comprenderá 30 intersecciones a lo largo de toda la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz.

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 tomará en cuenta la señalización horizontal, señalización vertical y 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, como ser volumen, velocidad, así también se realiza el procesamiento de datos para determinar la capacidad, el nivel de servicio, semaforización, como también el análisis del comportamiento vehicular y por último el análisis de resultados, dando a conocer la situación actual y presentando una simulación con la implementación del proyecto

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO DEL TRÁFICO**  
**VEHICULAR**

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO DEL TRÁFICO VEHICULAR**

#### **2.1. Tráfico vehicular**

##### **2.1.1. Nacimiento de la ingeniería de tráfico**

Después de la aparición del vehículo automóvil, las carreteras se proyectaban teniendo en cuenta únicamente el movimiento de vehículos aislados, debido a que circulaba un número muy bajo de ellos para entonces y bastaba que cada uno pudiera moverse a una velocidad razonable y segura para que la carretera cumpliera con todos sus objetivos. Pero ya hacia 1920 el número de vehículos en circulación era lo suficientemente elevado como para establecer medidas de regulación que evitasen las dificultades de circulación.

El objetivo principal de las medidas fue mejorar la seguridad basándose en su comienzo con la práctica de la policía, pronto fue necesario adoptar medidas más eficientes por lo que 1920 y 1930 en los Estados Unidos nace la Ingeniería de Tráfico con el fin de mejorar la explotación de las redes viarias existentes, pocos años después la Ingeniería de Tráfico se introdujo también en el proyecto de nuevos caminos.

##### **2.1.2. Tránsito vehicular**

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.

En las grandes urbes, el tráfico vehicular se encuentra presente en casi todas las esferas de la actividad diaria de la gente, y ocasiona numerosos fenómenos entre los que destacan especialmente los congestionamientos.

#### **2.2. Elementos del tránsito**

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

- El Usuario
- El Vehículo.
- La Vía o Vialidad.

##### **2.2.1. Usuario**

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación,

estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor.

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

#### Características del conductor

Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que transmiten los sentidos, cuya información llegan al conductor a través de los ojos, oídos y terminales nerviosas.

A continuación, citaremos las características más importantes del conductor:

- Cono de agudeza visual, se refiere a la visión más nítida de una persona que está concentrada dentro de un cono con un ángulo central de alrededor de 3 grados respecto a la horizontal. La agudeza visual es razonablemente nítida dentro de un ángulo cónico de hasta 10 grados aproximadamente.
- Visión periférica, se refiere a que una persona puede percibir objetos periféricos dentro de un cono con ángulo central de hasta 160 grados.
- Información visual, se refiere a que el conductor mediante movimientos de la cabeza y los ojos aumenta la cantidad de información visual recibida.
- Encandilamiento, se refiere a la visión del conductor en condiciones de encandilamiento.
- Sensibilidad visual a la luz y al color (daltonismo).
- La altura del ojo del conductor respecto a la superficie será de 1,14 metros.

#### **2.2.2. Vehículo**

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

### **2.2.2.1. Clasificación y características del vehículo de proyecto**

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo.

Los vehículos se clasifican en 2:

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

### **2.2.3. Vialidad o vía**

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos.

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa.

#### **2.2.3.1. Partes integrales de una vía**

En primer lugar, tenemos la superficie de rodamiento. Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de los vehículos. En las calles de la ciudad el carril es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. En las carreteras de primera categoría esta superficie será pavimentada. A ambos lados de la superficie de rodamiento están los acotamientos, que son las fajas laterales destinadas a alojar vehículos que se estacionan, por emergencia, a lo largo de la carretera. Paralelo a la carretera tenemos el drenaje longitudinal, también llamado cuneta.

También pueden existir contra – cunetas, en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Sigue el drenaje transversal, que está formado por las alcantarillas y estructuras mayores (puentes), que permitirán que el agua cruce de un lado a otro de la carretera, sin invadir su superficie.

La rasante, como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

La sub-rasante es aquella superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento. Con relación al pavimento, se denomina así a la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permiten un tránsito rápido, eficiente y sin polvo. (Juan Gabriel Tapia Arandía/2006)

### **2.2.3.2. Congestionamiento de vías**

El congestionamiento de una vía se lo puede definir de la siguiente manera:

Movimiento deficiente de vehículos.

Saturación vehicular.

Pérdida de tiempo y velocidad.

El congestionamiento de una carretera o de una calle es dado comparando este camino con otro que funciona en condiciones ideales y en unidades de velocidad y tiempo de retardo.

Para conocer el grado de congestionamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de cruce.

Decimos que el tiempo total de recorrido es el tiempo que nos lleva desde el momento de iniciar la marcha hasta detener el vehículo. El tiempo de retardo será aquel tiempo invertido durante el recorrido y en el cual el vehículo no está en movimiento.

Este caso se presentaría en los semáforos; al detenerse otro vehículo enfrente del nuestro; al pasar un peatón, etc.

### **2.3. Parámetros del tráfico**

Dentro del parámetro del tráfico existen 3:

- Velocidad.
- Volumen.
- Densidad.

### 2.3.1. Velocidad

Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

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

Donde:

V=Velocidad constante (km/h)

d=Distancia recorrida (km)

t=Tiempo de recorrido (h)

En este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

- a) Velocidad de punto.
- b) Velocidad de recorrido total.
- c) Velocidad de cruceo.
- a) Velocidad de punto.

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de 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.

b) Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

- \* El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho
- \* El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento.

c) Velocidad de crucero

Se denomina velocidad de crucero a la que se registra como la relación de una distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación del vehículo sin tomar en cuenta el tiempo de demoras, la relación que nos permite determinar la velocidad de crucero es la siguiente:

La relación que nos permite determinar la velocidad de crucero es la siguiente:

$$V_c = dR / (t_c)$$

Donde:

$V_c$ =Velocidad constante

$dR$ =Distancia de recorrido

$t_c$ =Tiempo de circulación

### 2.3.2. Volumen

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma un día o una hora dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

a) 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).

b) 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.

Composición del volumen de tráfico

Composición racional:

- pesados (camiones y autobuses)
- medianos (camión de estacas, vagonetas, volquetas pequeñas, microbuses, etc.)
- livianos (automóviles, jeep, camionetas,)

### **2.3.2.1. Características de los volúmenes de tránsito**

Dado el carácter dinámico que presentan los volúmenes de tránsito, es necesario conocerlas variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Así mismo, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional, y su composición.

#### a) Distribución y composición del volumen de tránsito

La variación de los volúmenes de tránsito por carriles presenta las siguientes características:

- En vías urbanas de 3 o más carriles de operación en un sentido, la mayor velocidad y capacidad se desarrolla en el carril del medio, las paradas de autobuses y los giros a derecha e izquierda hacen que la circulación en los carriles laterales sea más lenta.
- En carreteras, el carril cercano a la faja separadora central es utilizado por vehículos más rápidos y para rebases, presenta mayores volúmenes de tráfico en el carril inmediato al acotamiento.
- En autopistas, se presentan mayores volúmenes en el carril cercano a la faja separadora central.

Se presenta variaciones de volumen respecto a la distribución direccional en calles que comunican el centro de una ciudad con la periferia, el flujo de tránsito es máximo hacia el centro en las mañanas y hacia la periferia en las tardes y noches.

En lo que respecta a la composición del tránsito, en un análisis de volúmenes se hace importante conocer la cantidad de automóviles, autobuses, camiones, etc., los mismos que se expresan en forma de porcentaje respecto al volumen total.

#### b) Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

El valor obtenido de un volumen horario de máxima demanda, no necesariamente es constante a lo largo de toda la hora, existen periodos dentro de la hora donde las tasas de flujo son mayores a la de la hora misma.

Para hacer un análisis de las variaciones de volumen de tráfico en la hora de máxima demanda se utiliza el factor horario de máxima demanda que relaciona el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo.

Su fórmula matemática es:

$$\text{FHMD} = \frac{\text{VHMD}}{\text{N} * \text{qmax}}$$

Donde:

FHMD=Factor Horario de Máxima Demanda

VHMD=Volumen Horario de Máxima Demanda

N=Número de periodos durante la hora de máxima demanda

q<sub>máx</sub>=Flujo máximo

#### c) Variación horaria del volumen de tránsito

Es la variación que se presenta en los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, esta variación depende del tipo de ruta y la actividad que prevalezca sobre la misma, como ser: rutas de tipo agrícola, comercial, turística, etc.

Un ejemplo de variaciones horarias se presenta en las ciudades, los volúmenes de tráfico son bajos en la madrugada, este se incrementa hasta un máximo entre las 07:30 y las 09:30 horas; luego baja para alcanzar otro máximo entre las 14:00 y las 15:00 horas; por último alcanza un tercer máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas para luego bajar nuevamente a un mínimo en la madrugada.

#### d) Variación diaria del volumen de tránsito

En carreteras principales se presentan volúmenes estables de lunes a viernes, registrándose valores máximos durante los fines de semana ya que se añade la demanda de usuarios de tipo turístico y recreacional. Existe una notable variación en días de eventos especiales como ser: aniversarios regionales o estatales, navidad, fin de año, competiciones deportivas, etc.

#### e) Variación mensual del volumen de tránsito

Los meses en que las vías presentan máximos volúmenes de tráfico son por lo general los meses de vacación escolar, meses de vacación de fin de año, mes de alguna festividad regional, etc. Por lo general estas variaciones se mantienen constantes año a año siempre que no se realice cambios importantes en el diseño de la vía, en los usos de la tierra, o se construyan vías alternas.

### **2.3.3. Estudio de volúmenes de tránsito**

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

#### **2.3.3.1. Aforos de volumen**

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía permiten obtener datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, las características de los aforos dependen del tipo de análisis solicitado en una vía.

Existen diferentes tipos de métodos:

- Método manual.
- Método mecánico.
- Método de origen y destino.

#### **Método manual**

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser:

Composición vehicular

Flujo direccional y por carriles Volúmenes totales

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año

#### **Método mecánico**

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

Detectores neumáticos: consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.

Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.

Fotoeléctrico: consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.

Radar: lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.

Fotografías: se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos

### **Método de origen y destino**

Se utilizan para recopilar datos sobre números y tipos de viajes incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros, desde varias zonas de origen hacia zonas de destino. Se utiliza este tipo de encuestas para propósitos de planeación de mejoras o aperturas de vías. Se puede realizar este trabajo de distintas maneras:

Encuestas a conductores de vehículos: se consulta a los conductores el origen y destino de su trayectoria.

Tarjetas postales a los conductores en movimiento: se entrega tarjetas a los conductores para que estos llenen los datos requeridos en la misma y la envíen a una casilla en particular.

Placas de vehículos: se registra los números de placas entre dos a más puntos del área de estudio.

Encuestas domiciliarias.

### **2.3.4. Densidad vehicular**

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

$$\text{Densidad} = \text{volumen (veh/h)} / \text{velocidad (Km/h)}$$

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

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

## **2.4. Capacidad vehicular y nivel de servicio**

### **2.4.1. Capacidad vehicular**

La capacidad vehicular es un parámetro del tráfico muy importante que tiene por objetivo determinar la cantidad máxima de vehículos que circulan por una calle o carretera en un periodo de tiempo determinado normalmente de una hora.

La capacidad vehicular está muy relacionada con el volumen del tráfico ya que se debe establecer una correlación entre estos dos parámetros cuyas posibilidades pueden ser:

#### **La capacidad real = volumen de tráfico**

Nos coloca en el límite crítico en el cual el volumen de tráfico ha alcanzado la capacidad máxima de la calle o carretera. En este caso será prudente buscar alternativas para no llegar al caso inestable.

#### **La capacidad real > volumen de tráfico**

Si la capacidad es mayor al volumen de tráfico las condiciones de flujo vehiculares se pueden considerar estables y se debe tratar de mantener esta estabilidad en el flujo vehicular.

#### **La capacidad real < volumen de tráfico**

Si la capacidad es menor al volumen de tráfico, la circulación es inestable ya que los volúmenes han superado la capacidad de la calle o carretera. Esto quiere decir que el flujo esta congestionado

### **Estudio de capacidad vehicular**

En este estudio se optó por un método el cual se describirá a continuación.

Capacidad en vías interrumpidas; se considera una vía interrumpida, generalmente a las calles urbanas que portan características del trazo y están interrumpidas por las intersecciones que se presentan a distancias fijas o variables.

Para este caso la determinación de capacidad, se tiene el siguiente procedimiento:

Se determina la capacidad ideal haciendo uso de dos ábacos (ver anexo D): uno para vías en un solo sentido y otro para vías en ambos sentidos; dichos ábacos están en función del

ancho de acceso, del tipo de zona, de las características de estacionamiento, a partir de las cuales se tendrá un valor de capacidad ideal.

Como las condiciones ideales están ligadas a una capacidad ideal, para determinar la capacidad real se debe multiplicar la capacidad ideal por una serie de factores en función de las características propias de la intersección. Para esto se tiene los dos casos a usar:

1° Caso: Calles de circulación en un solo sentido sin semáforos que se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es de 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco. Sustraer un 1% de los omnibuses y camiones que pasen del 10% del número total de vehículos.

Sustraer un 0,5 por cada 1% en que el tráfico que gira a la derecha pase de 10% del tráfico total.

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pasa del 10% del tráfico total.

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

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

2° Caso: Calle con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni semáforos. Se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco. Sustraer un 1% por cada 1% de los omnibuses y camiones que pasen del 10% del número total de vehículos.

Sustraer un 0,5% por cada 1% en que el tráfico que gira a derecha pase de 10% del tráfico total.

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pasa del 10% del tráfico total.

Por paradas de ómnibus antes o después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

#### **2.4.1. Nivel de Servicio**

La relación volumen capacidad establece un condicionante del flujo vehicular, este condicionamiento se ha tratado de conceptualizar en el nivel de servicio que es la característica cualitativa que tiene la calle o carretera con respecto al flujo vehicular, por lo tanto esa cualidad que va a hacer variar desde el extremo de tener un flujo libre con libertad de maniobras y libertad de velocidad hasta la otra condición crítica de tener un flujo congestionado cuya velocidad esté cercana a cero y produzca largas colas en el flujo y esté restringido totalmente de cualquier maniobra, para sistemas viales de circulación continua son:

##### **Nivel de servicio A**

Es aquel que por sus condiciones de circulación son de flujo libre, bajos volúmenes y altas velocidades hay poco o nada de limitación de maniobras por la presencia de otro vehículo, existiendo pocos o nulos retardos.

**Figura 1: Ejemplo de nivel de servicio A**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

### **Nivel de servicio B**

Es aquel cuyas condiciones de circulación tiene un flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser restringidas, pero con cierta libertad para definir su velocidad y su carril. Al existir un mayor volumen se hacen algo más restringidas las maniobras de los vehículos.

**Figura 2: Ejemplo de nivel de servicio B**

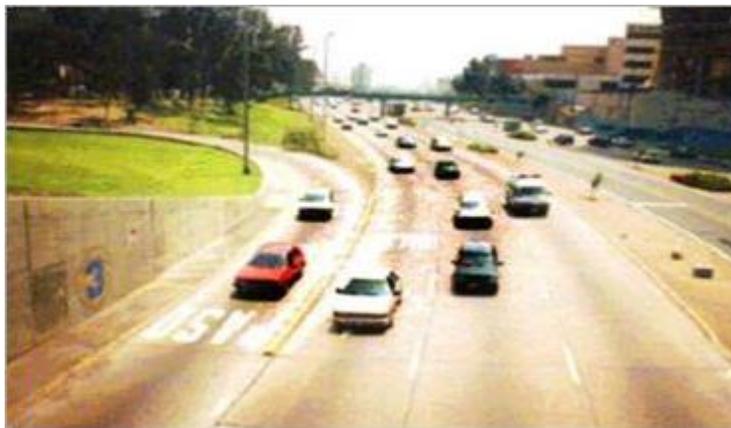


Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

### **Nivel de servicio C**

Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable, pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebalse. Sin embargo, se considera todavía en condiciones apropiadas de circulación y por ello se ha establecido que este nivel de servicio es el más adecuado para fines de diseño.

**Figura 3: Ejemplo de nivel de servicio C**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

### **Nivel de servicio D**

Las condiciones de circulación se acercan a un flujo inestable, con velocidades de circulación bajas, las fluctuaciones de volúmenes son mayores y por tanto las restricciones de maniobras muy frecuentes.

**Figura 4: Ejemplo de nivel de servicio D**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

### **Nivel de servicio E**

Las condiciones de tráfico prácticamente son inestables las velocidades de operación son bajas, los volúmenes ya están cerca de la capacidad de la carretera y calle y pueden existir demoras o paradas de duración pequeña.

**Figura 5: Ejemplo de nivel de servicio E**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

### Nivel de servicio F

En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado. (Jhonny, 2021)

**Figura 6: Ejemplo de nivel de servicio F**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

**Tabla N° 2: Tabla para determinación de nivel de servicio**

Nivel de servicio para intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción del flujo del tránsito	V/C
A	Flujo libre	0
B	Flujo estable	$\leq 0,1$
C	Flujo estable	$\leq 0,3$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,7$
E	Flujo inestable	$\leq 1,00$
F	Flujo forzado	$> 1$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000)

## **2.5. Señalización**

Según (Ronald, 2004): El desarrollo general que ha experimentado nuestro país en los últimos años, significa un paso más hacia la vida moderna que detentan los países desarrollados. Uno de los factores importantes para el progreso es el transporte, tanto nacional como internacional, que vincula a los centros de desarrollo.

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. A través de la señalización se indica a conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la vía, evitando riesgos y demoras innecesarias.

### **2.5.1. Objetivos de la señalización**

Debido al constante incremento vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos sistemas de control de tráfico con el objeto de:

Mejorar la seguridad del usuario.

Dar mayor comodidad al usuario.

Reducir el número de accidentes.

### **Autoridad legal**

La ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) en la actualidad es la entidad gubernamental encargada de la red vial de Bolivia, tiene la responsabilidad de establecer el control del tráfico en dicha red.

El sistema de señalización adoptado, está basado en el manual interamericano de dispositivos para el control del tráfico en calles y carreteras.

### **Señales**

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos. En vías de dos sentidos, las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención.

En vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por

dichos carriles. Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en:

Señalización vertical

Señalización horizontal

### **2.5.2. Señalización vertical**

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas a los lados o adyacentes a un camino que, mediante símbolos, letras, reglamentan las prohibiciones o restricciones respecto al uso de las vías, previenen a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, así como proporcionan información necesaria para guiar a los usuarios.

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

#### **Colocación**

La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran importancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la relación oportuna del usuario de la vía.

Toda señalización deberá instalarse dentro del cono visual del usuario, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de conductores.

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

Se debe analizar las siguientes condiciones para una correcta instalación de una señal vertical:

Distancia entre señal y la situación que generó su instalación (instalación longitudinal).

Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).

Altura de la ubicación de la placa de la señal.

Orientación de la placa de la señal.

Distancia mínima entre señales.

### **Ubicación longitudinal**

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

Las distancias longitudinales correspondientes a la instalación de las señales, serán definidas caso a caso cuando se aborde la función de cada una, esto debido a que cuenta con diferentes criterios de ubicación de acuerdo a su utilidad.

En lo que se refiere a la separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir paralelo al eje de la vía, la tabla que se muestra a continuación entrega distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

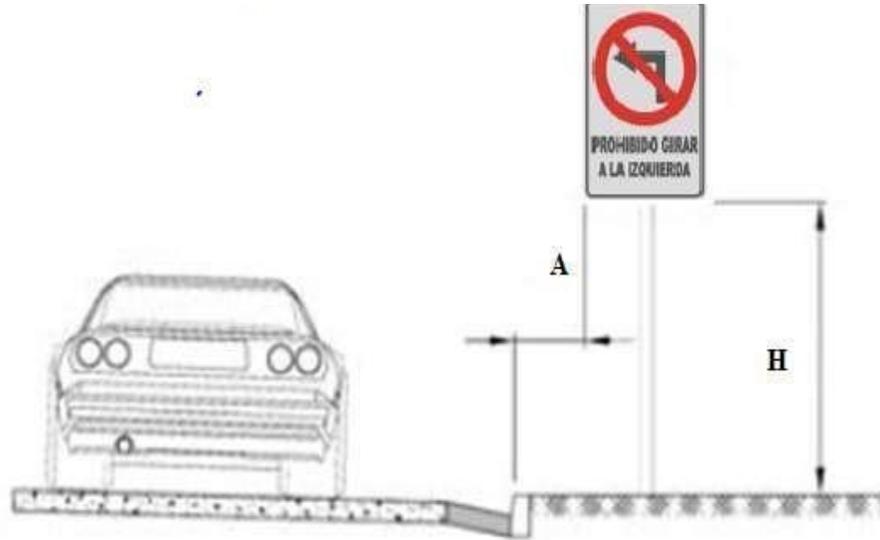
**Tabla N° 3: Distancia mínima de separación entre señales**

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 tránsito 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 7: Ubicación transversal de señales verticales**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Tabla N° 4: 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 tránsito 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.

## **Clasificación**

Las señales verticales se clasifican en:

Señales preventivas.

Señales reglamentarias.

Señales informativas.

### **2.5.2.2. Señales preventivas**

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

No son de carácter obligatorio, pero es preciso dejarse guiar por su información para que no incurran en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad.

Tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocadas verticalmente, son de color amarillo de fondo, con una línea negra perimetral y figura, símbolo leyenda son de color negro. Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción.

Para este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberá cumplir con un nivel de retro reflexión mínimo.

Las señales preventivas en las cuales se consideran otros colores además del amarillo y negro son:

SP-34 Semáforo (rojo, amarillo, negro y verde).

SP-35 Prevención de pare (amarillo, negro y blanco).

SP-36 Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco).

## **Ubicación**

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

**Figura 8: Señales preventivas**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### 2.5.2.3. Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas de tránsito y acarrea las sanciones previstas en la ley. Estas señales se identifican con el código SR. En general, su forma es circular y solo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales:

SR-01 pare, cuya forma es octogonal.

SR-02 ceda el paso cuya forma es triángulo equilátero con vértice hacia abajo.

SR-38 sentido único de circulación, es de forma rectangular.

SR-39 sentido de circulación doble, es de forma rectangular.

Los colores utilizados en estas señales son; fondo blanco, orlas y franjas diagonales de color rojo, símbolos y números en color negro.

Las acepciones a esta regla son:

SR-01 pare, cuyo color es rojo, orlas letras en blanco.

SR-38 sentido único de circulación, fondo negro, flecha y orlas blancas.

SR-39 sentido de circulación doble, fondo negro, flecha y orlas blanca.

SR-40 a la SR-43, paso obligado y ciclo vía, serán de fondo azul y símbolo blanco.

### Ubicación

Estas señales deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se quiera establecer la medida.

Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales de tipo “no adelantar (SR-26), y en el caso de velocidad máxima (SR-30).

Estas señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana u horas en las cuales existe la prohibición.

**Figura 9: Señales reglamentarias**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Criterios de uso

Las señales reglamentarias de prioridad, son aquellas que regulan el derecho preferente de paso y corresponden a: pare (SR-01) y ceda el paso (SR-02).

En toda intersección que no cuente con semáforos, no importando el flujo vehicular, se deberá regular la circulación vehicular mediante la colocación de al menos una señal de prioridad, colocada de acuerdo a las condiciones de visibilidad en el cruce o empalme.

Se utiliza la señal ceda el paso (SR-02), cuando la visibilidad en el cruce o empalme, permita al conductor del vehículo que transita por la calle de menor prioridad distinguir

fácilmente cualquier vehículo que circule por la vía principal, disponiendo del tiempo y la distancia necesaria para ceder el paso antes de entrar al cruce o empalme, caso contrario se debe colocar una señal de pare (SR-01).

#### **2.5.2.4. Señales informativas**

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

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.

#### **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.

### 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)

Informativas de control (ICO)

Tamaño especial (IT(E)- IS(E))

**Figura 10: Señales informativas**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

En las señales informativas el mensaje se entrega a través de un sistema, cuya complejidad depende del tipo de vía que se señaliza y, en particular, su velocidad de operación, de la magnitud de flujo vehicular, del número de vehículos que salen, entran o cruzan la vía, del nivel de peligrosidad de la intersección, de los movimientos peatonales que existen en la zona.

### **2.5.3. Señalización horizontal**

Este tipo de señalización corresponde a demarcaciones que se encuentran sobre el pavimento, como ser líneas, símbolos, letras, en las que se incluyen tachas retro-reflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito.

La señalización horizontal presenta mayor ventaja frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que este distraiga su atención de la pista por la que circula. El lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de una la seguridad vial. No obstante, como desventaja, su visibilidad se ve afectada por las variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo y otros. Por esta razón, en maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, siempre se deben reforzar con la señalización vertical correspondiente.

Todas las vías pavimentadas deberán contar con señalización horizontal, la cual deberá cumplir una función prioritaria en vías interurbanas y de apoyo a la señalización vertical.

#### **Según la altura**

Planas.

Elevadas.

#### **Planas**

Son señales son aquellas que presentan una altura de 6 mm de alto.

#### **Elevadas**

Son señales un poco más elevadas que las anteriores en un rango de 6 mm a 21 mm, utilizadas para completar a las primeras. Una demarcación elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por los focos de los vehículos, son visibles aun en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente la demarcación plana pierde eficacia.

## **Según su forma**

- Líneas longitudinales.
- Líneas transversales.
- Símbolos y leyendas.
- Otras demarcaciones.

## **Líneas longitudinales**

Se emplean para delimitar pistas y calzadas, para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar, zonas con prohibición de estacionar y para delimitar pistas de uso exclusivo como por ejemplo de bicicletas o buses.

Este tipo de línea, se utiliza para delinear sub ejes longitudinales principales de la calzada de una vía. Se tiene:

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

## **Líneas transversales**

Se emplean fundamentalmente en cruces, para delimitar líneas de detención a los vehículos motorizados, y para demarcar sendas destinadas al tránsito de paso de peatones o ciclistas, teniéndose los siguientes sub grupos:

- Líneas de detención.
- Línea de detención cruce de prioridad estática ceda el paso.
- Línea de detención cruce de prioridad estática pare.
- Línea de detención cruce de prioridad variable sanforizado.

## **Símbolos y leyendas**

Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regula la circulación y advierte sobre peligros.

## Líneas longitudinales

### Características básicas de las líneas longitudinales

La línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor debe atravesarla ni circular sobre ella

La línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que puede ser traspasable por el conductor.

### 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.

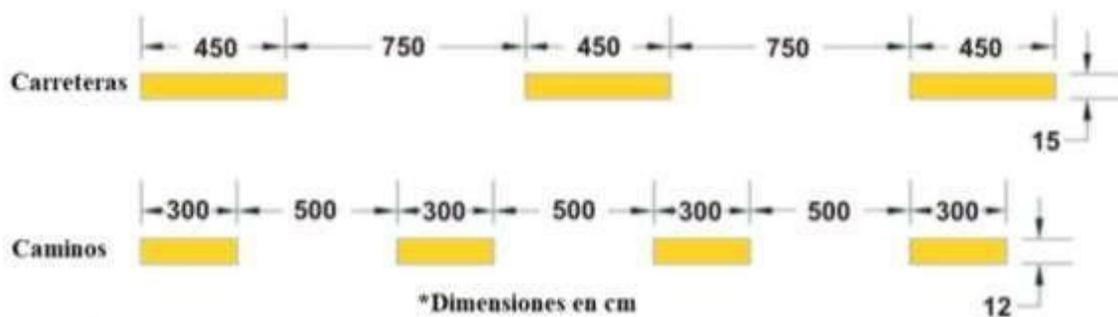
Dada la importancia de esta línea en la seguridad de tránsito, estas deberían encontrarse siempre presentes en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m. en calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

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 11: Diseño de líneas discontinuas**

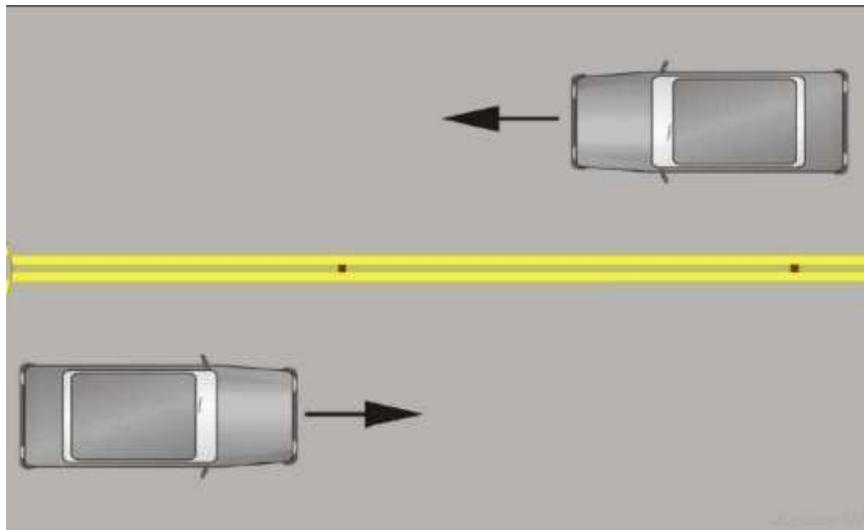


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **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 12: Ejemplo de líneas continuas dobles**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **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:

Continuas

Segmentadas.

### **Línea blanca discontinua**

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

### **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 13: Dimensiones de demarcación continua**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **2.5.3.2. Líneas transversales**

Estas pueden ser de dos tipos:

Líneas de detección.

Líneas de cruce.

#### **Líneas de detención**

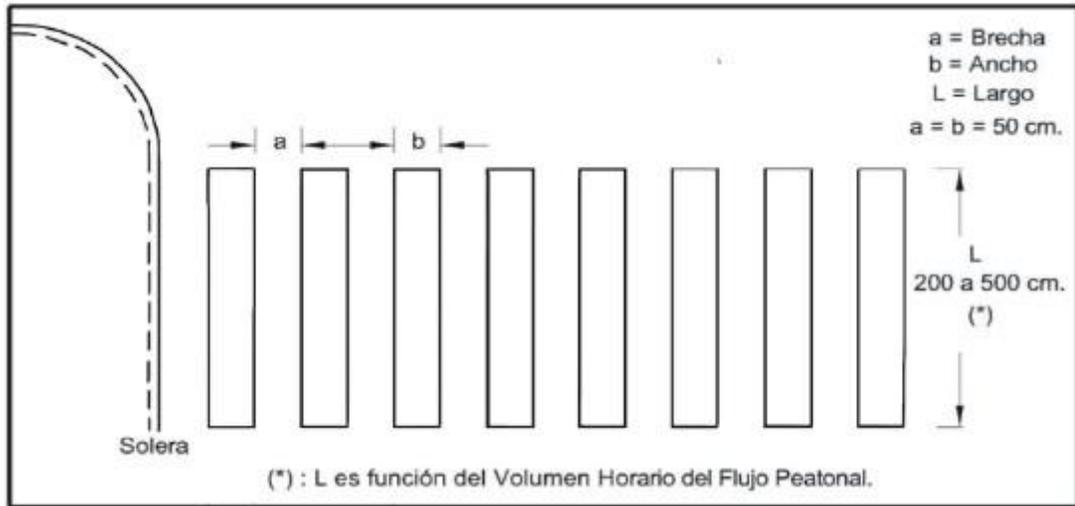
Estas líneas indican el lugar, ante el cual los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse.

#### **Señal ceda el paso**

Corresponde a una demarcación trasversal conformada por una línea segmentada doble, que complementa la señal vertical ceda el paso (SR-2).

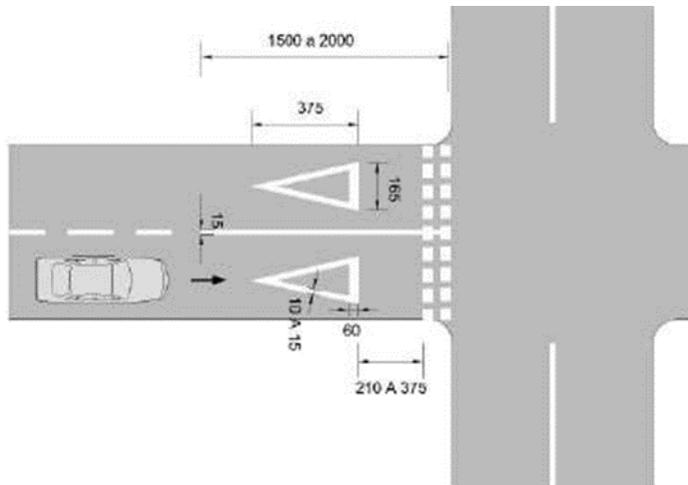
Indican al conductor que deben detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

**Figura 14: Líneas de detención ceda el paso (dimensiones en centímetros)**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Figura 15: Demarcación en cruce ceda el paso**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **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 16: Señalización horizontal en cruce con la señal pare**



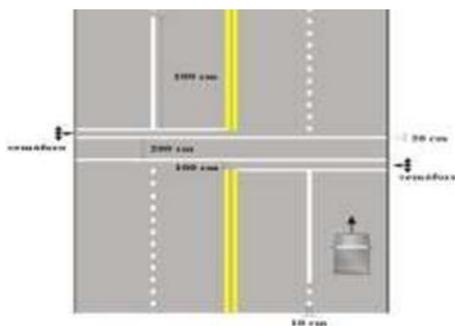
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **Cruce regulado por semáforo**

El cruce peatonal regulado por semáforo está compuesto por una línea de detención continua y un paso peatonal.

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la luz roja de un semáforo, se la deberá ubicar a un metro de la línea de borde de la senda peatonal.

**Figura 17: Demarcación de cruce peatonal regulado por semáforo**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **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.

### **Flechas**

Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos.

Según las maniobras asociadas a ellas se tienen los siguientes tipos de flechas:

Flecha recta Flecha de viraje.

Flecha recta y de viraje Flecha recta y de salida.

Flecha de incorporación a pistas de tránsito exclusivo.

Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento.

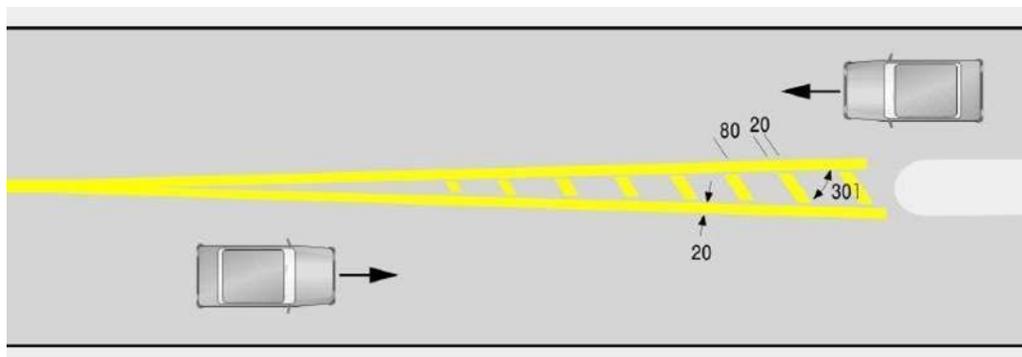
### **Otras demarcaciones**

#### **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 18: Demarcación tipo achurado**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

#### **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.

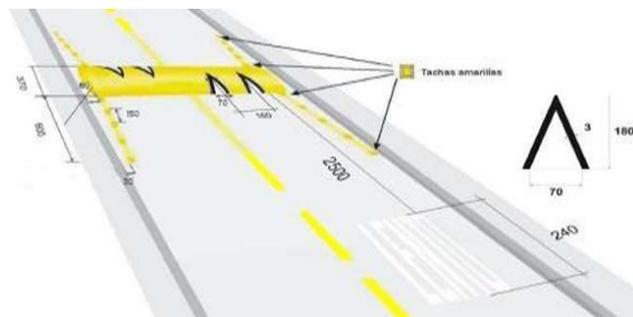
Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respeten la velocidad.

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 19 : Resalto**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## **2.6. Semáforización**

### **2.6.1. Semáforos**

Según (Veizaga, 2006): Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados como son el rojo, amarillo y verde.

Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

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

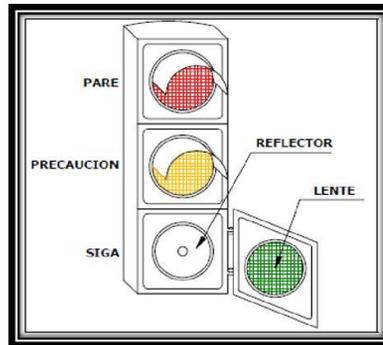
#### **Función de los colores**

Rojo (luz superior)

Amarillo (luz central)

Verde (luz inferior)

**Figura 20: Elementos de un semáforo**



Fuente: Elementos de Ingeniería de tráfico, Universidad Politécnica de Madrid

El color rojo significa que el tránsito que se encuentran frente a un semáforo con luz roja deberá detenerse y esperar que la luz cambie a color verde antes de proseguir su marcha. El color amarillo significa precaución y esta prendido durante unos segundos de transición entre la luz verde y roja.

La luz amarilla indica a los conductores y peatones que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto que el conductor deberá detenerse. Al encenderse la luz amarilla, el conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente y si esto no fuera posible podrá seguir su marcha siempre y cuando la luz roja no se hubiera encendido todavía.

El color verde indica que los vehículos que observan esta luz pueden continuar su marcha sin detenerse.

### **2.6.2. Componentes de los semáforos**

Este elemento tiene como componentes:

Cabeza.

Soportes.

Cara.

Lente.

Visera.

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 son las distintas luces de las cuales están formados los semáforos.

El lente es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada. Este elemento desaparece con los nuevos semáforos leds.

Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada uno de los módulos luminosos para evitar que a determinadas horas de los rayos del sol incidan sobre estos.

### **Ventajas y desventajas**

Si la instalación y la operación de los semáforos es adecuada estos brindaran las siguientes ventajas:

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.

Logra una ordena circulación del tránsito.

Cuando el proyecto o la operación de semáforos es deficiente, pueden traer consigo las siguientes desventajas:

Se incurrirá en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.

Producen demoras injustificadas de tiempo a cierto número de usuarios en algunas horas del día en especial cuando se tratan de volúmenes pequeños de tráfico y no se precisa de semáforos.

Aumento de la frecuencia o la gravedad de ciertos accidentes cuando el mantenimiento es deficiente, en especial cuando existen focos fundidos.

## **Clasificación**

Los semáforos según su función operacional se clasifican en:

Semáforos para circulación vehicular

Semáforos para peatones

Semáforos especiales

### **Semáforos para circulación vehicular**

Estos semáforos pueden ser: semáforos tiempo fijo, semáforos accionados por el tránsito y semáforos interconectados entre sí.

#### **Semáforos de tiempo fijo o predeterminado**

Un semáforo de tiempo fijo o predeterminado es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo determinado o a una serie de programaciones establecidas.

Los semáforos de control de tiempo fijo o predeterminado se adaptan mejor a las intersecciones donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes.

Semáforos accionados por el tránsito

Un semáforo accionado por el tránsito es un sistema cuyo funcionamiento varía de acuerdo con las demandas del tránsito que registren los detectores de vehículos o peatones, los cuales suministran la información a un control local.

Se usarán en las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular y donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal.

#### **Ubicación**

Este tipo de semáforos pueden ser ubicados:

Al lado de la vía de tránsito:

Postes entre 2,5 y 4,5 metros de alto.

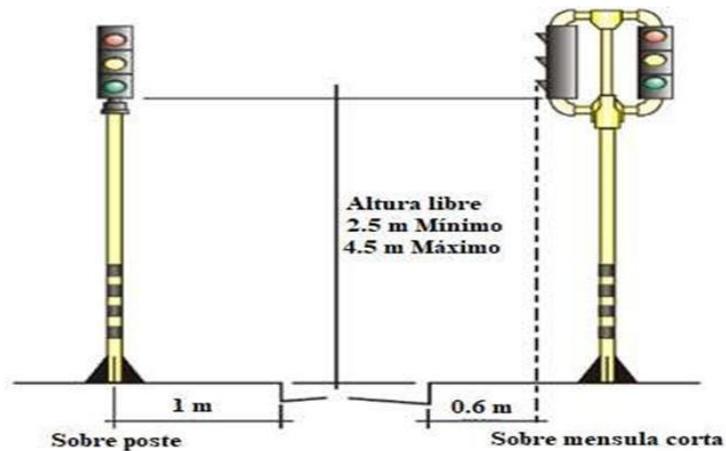
Brazos cortos adheridos a los postes a 2,4 y 4,5 metros de alto

Por encima y dentro de la vía de tránsito:

Postes o pedestales en islas.

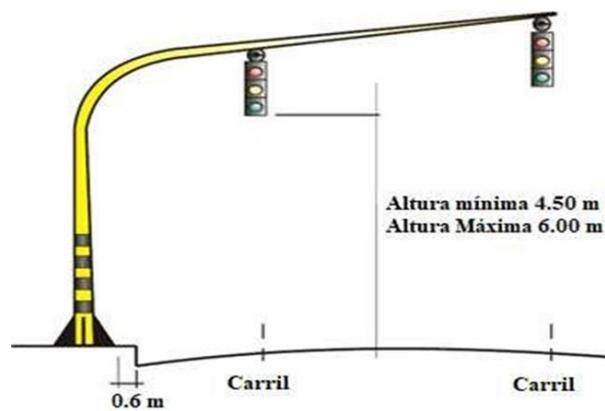
Bazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.Suspendidos mediante cables.

**Figura 21: Semáforos montados en postes**



Fuente: Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

**Figura 22: Semáforos montados en ménsula larga**



Fuente: Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

### 2.6.3. Condiciones de instalación de semáforos

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:

**Primera condicion:**

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 N° 5: Primera condición para semaforización**

No 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

Fuente: Apuntes de ingeniera de tráfico

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10000 la condición de volumen mínimo se considera en un 80%

**Segunda condición:**

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 N° 6: Segunda condición para semaforización**

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

Fuente: Apuntes de ingeniera de tráfico

**Tercera condición:**

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

**Tabla N° 7: Tercera condición para semaforización**

Tipo de intersección	veh/hora		Total peatones/hr	Periodo de mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con cantero central		
Fuera del area escolar	600	1000	150	8
En área escolar	800		2500	2

Fuente: Apuntes de ingeniera de tráfico

**Cuarta condición:**

La condición de movimiento coordinado exige que:

- 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.

- 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.

#### **Quinta condición:**

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

Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados

Que no existan ninguna medida preventiva adecuada

Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

#### **Sexta condición:**

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.

#### **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.

Es difícil de determinar en un pre diseño 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.

Para la determinación de tiempos de fases es importante tomar en cuenta las siguientes variables.

- a). - Volumen de la demanda vehicular.
- b). - Composición del tráfico (vehículos livianos, medianos, pesado y transporte público).
- c). - Volumen de la demanda peatonal.
- d). - Movimiento de giro.

**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.

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que el valor del ciclo estará dado 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.

$$C = \text{ciclo} - t_{am}(\text{ida}) - t_{am}(\text{retorno})$$

$$\text{CICLO} = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{retorno})$$

Donde:

C=Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

$t_{am}(\text{ida})$ =Tiempo de fase amarilla ida

$t_{am}(\text{retorno})$ =Tiempo de fase amarilla del otro acceso

$t_{rojo}$ =Tiempo de fase rojo

$t_{verde}$ =Tiempo de fase verde

$$\frac{V_A * t_{am} A}{t_{vA}} = \frac{V_B * t_{am} B}{t_{vB}}$$

Donde:

$V_A$ =Volumen de vehículos en calle principal

$V_B$ =Volumen de vehículos en calle secundaria

$t_{am}$  =Tiempo de fase en amarillo

$t_v$ =Tiempo de fase en verde

**CAPÍTULO III**

**APLICACIÓN PRÁCTICA SOBRE EL ESTUDIO DE**

**TRÁFICO EN LA AVENIDA MARCELO QUIROGA**



### 3.2. Características y análisis del área de estudio

El ancho de carril es de 6.60 metros desde la Av. Gran Chaco hasta la Av. La Paz, y 4.80 metros desde la Av. La Paz hasta la Av. San Bernardo.

Las intersecciones transversales varían su ancho de carril entre 4.80 metros siendo el mínimo y 6.60 metros siendo el máximo, se cuenta con señalización horizontal, pero no se cuenta con señalización vertical ni con ningún semáforo.

#### 3.2.1. Lugar de aforo

Una vez determinadas las horas pico en cuyos horarios en donde se obtienen los datos, se identifican los puntos de aforo, los cuales se harán en cada intersección, identificando también los accesos que estas presentan para recopilar los datos necesarios correspondientes a cada una de ellas.

**Tabla N° 8: Lista de intersecciones**

N°	Intersección
1	Av. San Bernardo
2	C/ Mario Olaguivel
3	C/ Salvador Campero
4	C/ San Cristóbal
5	C/ Antonio Borda
6	C/ Luis Castrillo
7	Pje. Santa Lucia
8	C/ Belisario Torrez
9	C/Tte. Ricardo Estensoro
10	Av. La Paz
11	C/ Chimeo
12	Av. Salinas
13	C/ Suaruro
14	C/ Camatindi
15	C/ Yaguacua
16	C/ Aguayrenda
17	C/ San Alberto

18	Av. Itaú
19	C/ Tarairí
20	C/ Caiza
21	C/ Ibibobo
22	Av. Gran Chaco
23	C/ San Joaquín
24	C/ Ana Rosa Gattorno
25	Av. Gamoneda
26	C/ José Electo Díaz
27	C/ Cornelio Ríos
28	C/ Rosendo García
29	Av. Las Palmeras
30	C/ Apóstol Santiago

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Procedimiento para la recolección de datos

#### 3.3.1. Determinación de horas pico

Para la determinación de las horas pico se realizó el aforo de 7 días desde las 06:00 a.m. hasta las 20:00 p.m., esto con el fin de obtener las horas de mayor congestión vehicular que nos ayudarán a realizar el aforo de volumen y velocidad, para ello se elaboró la siguiente planilla:

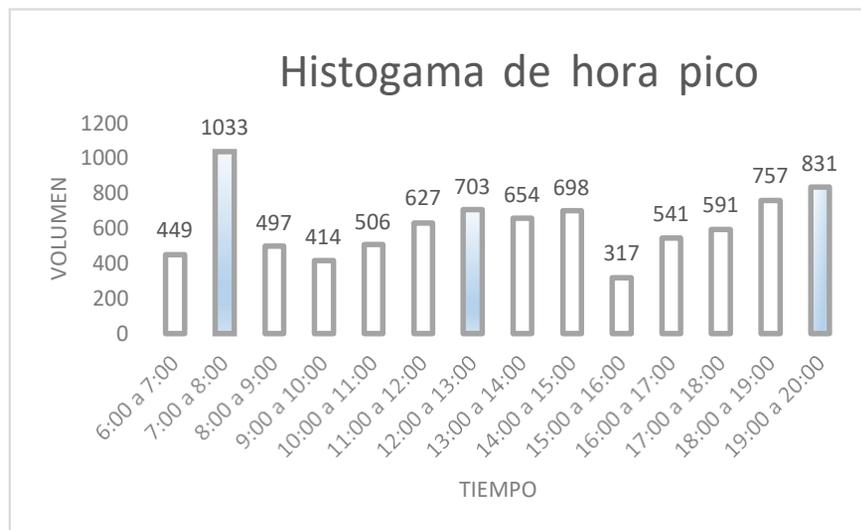
**Tabla N° 9: Planilla de horas pico**

HORA	M	J	V	S	D	L	MT	M
<b>6:00 a 7:00</b>	415	397	449	397	384	463	436	445
<b>7:00 a 8:00</b>	986	952	1033	864	785	1108	1004	971
<b>8:00 a 9:00</b>	541	584	497	485	469	517	477	511
<b>9:00 a 10:00</b>	364	348	414	352	315	481	474	398
<b>10:00 a 11:00</b>	486	478	506	431	385	493	425	457
<b>11:00 a 12:00</b>	614	589	627	533	477	608	597	583

<b>12:00 a 13:00</b>	685	691	703	727	645	743	691	709
<b>13:00 a 14:00</b>	668	715	654	556	498	685	711	696
<b>14:00 a 15:00</b>	670	693	698	594	531	724	583	681
<b>15:00 a 16:00</b>	384	428	317	271	241	397	357	364
<b>16:00 a 17:00</b>	513	495	541	460	412	613	568	539
<b>17:00 a 18:00</b>	576	607	591	503	449	547	496	461
<b>18:00 a 19:00</b>	743	724	757	644	574	748	692	684
<b>19:00 a 20:00</b>	784	814	831	824	695	820	804	772

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24 : Histograma de horas pico**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Aforo de volumen vehicular

El aforo vehicular fue por el método manual, el cual consta de la ubicación personal en cada una de las intersecciones seleccionadas para este estudio; con la ayuda de una planilla previamente diseñada para el registro de datos, se aforó durante los tres horarios pico determinados con anterioridad los cuales son: de 07:00 a 08:00, 11:00 a 12:00 como así

también de 18:00 a 19:00. Este aforo se lo realizó durante 3 semanas continuas, 3 días a la semana 2 días hábiles y 1 día no hábil.

Para el conteo vehicular se tomó en cuenta 3 tipos de clasificación de vehículos:

### **Clasificación**

- Según su tamaño
- Según su función

#### **Según el 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:** Son los vehículos cuya función está al servicio de una persona particular, es decir no es usado para el transporte de pasajeros.

**Vehículos públicos:** Vehículos dedicados al transporte de pasajeros, son exclusivamente dedicados a este rubro. Entran en esta clasificación: taxis, micros y taxi trufis.

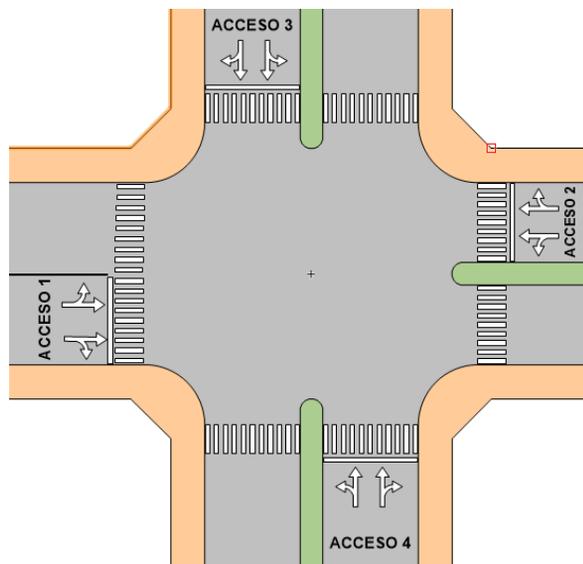
**Figura 25 : Ejemplo intersección N °10**



Fuente: Google maps.

Para entender de mejor manera se muestra con un ejemplo de datos de volúmenes vehiculares obtenidos, mostrando en las siguientes tablas de aforos de la Intersección N° 10 (Av./Marcelo Quiroga Santa Cruz – Av./La Paz). La cual cuenta con cuatro accesos, se detalla los datos obtenidos por cada acceso por cada horario pico aforado.

**Figura 26 : Ejemplo de accesos de la intersección N°10**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3. Ejemplo de datos de volumen vehicular en una intersección

**Tabla N° 10: Aforo de volúmen vehicular**

Segunda Semana Primer Día Habil		Interseccion Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz Y Salinas												
		Recto						Giro Derecha						Total
		Privado			Publico									
		Liv	Med	Pes	Liv	Med	Pes	Liv	Med	Pes	Liv	Med	Pes	
Acceso 1	07:00 - 08:00	105	16	4	230	7	0	9	3	7	23	6	0	410
	12:00 - 13:00	147	40	7	321	10	0	2	1	0	4	0	0	532
	19:00 - 20:00	158	35	7	344	11	0	7	3	4	17	4	0	590

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Procesamiento para la recolección de datos de velocidad

La velocidad se define a la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer, en este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidades, para nuestro estudio se tomó en cuenta la velocidad de punta, velocidad de recorrido y velocidad de cruce.

#### 3.4.1. Resultado de velocidad de punta

La velocidad de punta es aquella que se obtiene en una sección de calle, cuyo intervalo de distancia está definida por 25 metros, el punto de aforo de esta velocidad se encuentra ubicada, antes de la intersección en la avenida de acceso al puente 4 de Julio, para lo cual se tomó el aforo cada 5 vehículos. Está definida por la siguiente ecuación:

Ecuación 6: Ecuación de Velocidad de Punta

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

Donde:

V=Velocidad

d=Distancia recorrida

t=Tiempo de circulación

La velocidad de punta adoptada es de 22 km/h, para el área de estudio.

**Tabla N° 11: Resultados de Velocidad de punta**

Velocidad de punta 12 am		
Distancia m	Tiempo seg	Velocidad km/hr
25,0	6,12	14,7
25,0	5,54	16,2
25,0	4,48	20,1
25,0	5,23	17,2
25,0	4,37	20,6
Promedio		17,8
Velocidad de punta 7 pm		
Distancia m	Tiempo seg	Velocidad km/hr
25,0	3,16	28,5
25,0	4,25	21,2
25,0	4,06	22,2
25,0	4,30	20,9
25,0	4,27	21,1
Promedio		22,8
Velocidad de punta 7 am		
Distancia m	Tiempo seg	Velocidad km/hr
25,0	4,37	20,6
25,0	5,12	17,6
25,0	3,57	25,2
25,0	4,26	21,1
25,0	5,02	17,9
Promedio		20,5

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Resultado de 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, tiempo que influye en la circulación y las demoras, es un parámetro que define la fluidez del tráfico, mientras menor velocidad mayor el congestionamiento vehicular, es por eso que definimos 2 tramos, está dado por la siguiente ecuación:

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

Donde:

dR=Distancia recorrida

tc=Tiempo de circulación

td=Tiempo de demoras

**Tabla N° 12 : Resultado de velocidad de recorrido total**

Velocidad de recorrido total				
Hora	Distancia km	Tiempo total seg	Tiempo de demoras seg	Velocidad km/hr
07:00 a 08:00	1,3	146	11	29,8
12:00 a 13:00	1,3	184	27	22,2
19:00 a 20:00	1,3	173	15	24,9
Promedio				25,6

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Determinación de la capacidad vehicular y nivel de servicio

El método que se utilizará para determinar la capacidad en vías interrumpidas y accesos urbanos, es mediante el Método Invias, en la circulación de esta vía, existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido.

#### 3.5.1. Procedimiento para capacidad vehicular

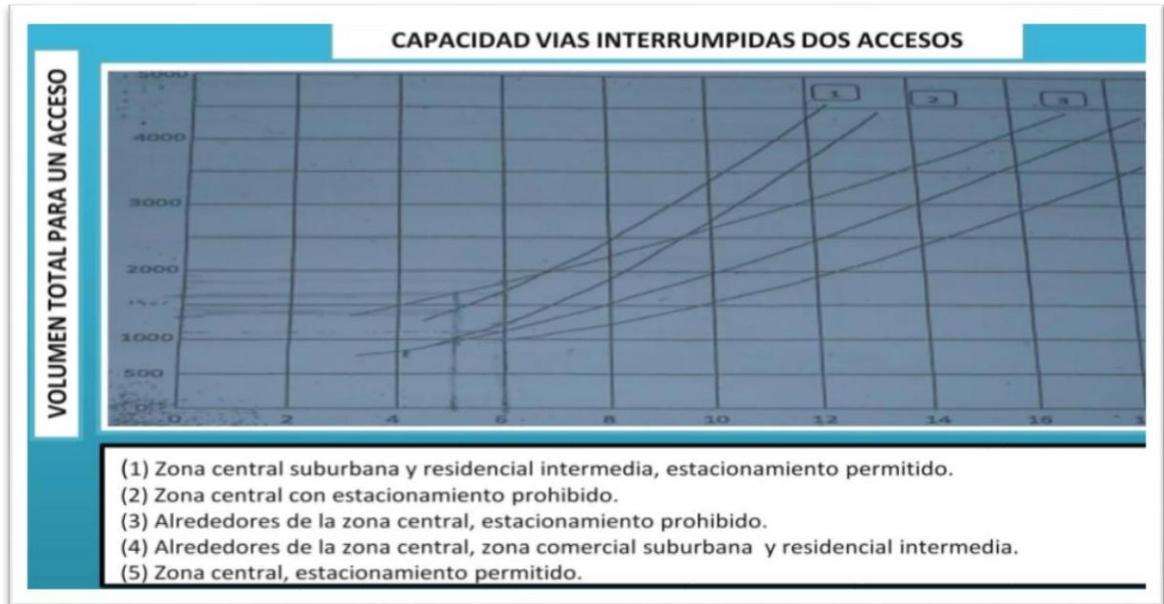
Este método tiene la siguiente ecuación:

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

**Paso 1:** Registramos los volúmenes vehiculares, colocando el sentido del flujo (giros,frente)

**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 27: Abaco para determinación de capacidad básica**



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000)

**Paso 3:** Tomando en cuenta el comportamiento de la vía, determinamos los coeficiente o factores de corrección aplicando lo siguiente:

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

- Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajos a los valores dados por el ábaco
- Sustraer un 1% por cada 1% que los minibuses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
- Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- Sustraer un 1% por cada 1% en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.

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

f) Por estacionamientos permitidos restar 1.80 metros del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.

**Paso 4:** Seguidamente se aplica la siguiente fórmula, y esta sería la capacidad real del acceso

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

El Coeficiente Práctico es 0.9 por el método correspondiente

### 3.5.2. Ejemplo de capacidad vehicular

Para entender de mejor manera el proceso de cálculo de capacidad vehicular, a continuación, se presenta un ejemplo del mismo, cálculo realizado con los datos de la intersección N° 10

Intersección av. Marcelo Quiroga Santa Cruz y av. La paz  
Capacidad vías interrumpidas

$$\begin{aligned} \text{Cap. practica} &= \text{cap. teórica} * 0,9 \\ \text{Cap. real} &= \text{cap. practica} * \text{fac. reducción} \end{aligned}$$

Datos

Tipo de zona: Zona central suburbana y residencial intermedia, estacionamiento permitido (curva 1 )

N° de accesos: 2

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Ancho de calzada	4,80 m	6,60 m	8,20 m	8,20 m

Cálculo de capacidad teórica mediante ábaco

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Cap. teórica=	1.400 Veh	1.900 Veh	2.600 Veh	2.600 Veh

Cálculo de capacidad práctica

$$\text{Cap. practica} = \text{cap. teórica} * 0,9$$

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
<b>CAP PRACTICA</b>	1.260 Veh	1.710 Veh	2.340 Veh	2.340 Veh

### Determinación de factores de reducción

#### Factor de reducción por vehículos pesados

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% vehículos pesados	-	-	-	-
$F_{vp}$	1	1	1	1

#### Factor de reducción por giros a la izquierda

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% giros a izquierda	4,39	36,95	29,6	10,43
$F_{GI}$	1,00	0,73	0,80	1,00

#### Factor de reducción por giros a la derecha

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% giros a derecha	14,44	28,7	4,63	32,08
$F_{GD}$	0,98	0,91	1,00	0,89

#### Factor de reducción por paradas

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% paradas	-	-	-	-
$F_{PA}$	1	1	1	1

#### Cálculo de capacidad real

$$\text{Cap real} = \text{cap práctica} * f_{vp} * f_{gi} * f_{gd} * f_{pa}$$

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Cap real	1.232 Veh	1.132 Veh	1.881 Veh	2.073 Veh

### 3.5.3. Procedimiento para nivel de servicio

**Paso 1:** Registramos los volúmenes vehiculares de intersección

**Paso 2:** Registramos las capacidades reales

**Paso 3:** Seguidamente se hace la relación Volumen / Capacidad (V/C), para determinar el nivel de servicio con la siguiente tabla.

**Tabla N° 13: Nivel de Servicio**

Nivel de servicio	Descripción del flujo del tránsito	V/C
A	Flujo libre	0
B	Flujo estable	$\leq 0,1$
C	Flujo estable	$\leq 0,3$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,7$
E	Flujo inestable	$\leq 1,00$
F	Flujo forzado	$>1$

Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000).

#### 3.5.4. Ejemplo de nivel de servicio

**Tabla N° 14: Ejemplo nivel de servicio**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Cap real	1.232 Veh	1.132 Veh	1.881 Veh	2.073 Veh
Volumen medio	258 Veh	369 Veh	286 Veh	353 Veh
V/C	0,2	0,3	0,2	0,2
Nivel de servicio	C	C	C	C

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.6. Inventario de señalización en la zona de estudio

Se realizó un inventario de señalización de la zona, tanto señales verticales como horizontales a lo largo de la zona de estudio, para identificar y determinar en qué lugares es necesario implementar, reubicar o reponer señales correspondientes a la necesidad de la zona.

**Tabla N° 15: Inventario de señales verticales**

<b>Señales verticales</b>
<b>Señales preventivas</b>
Ninguna
<b>Señales reglamentarias</b>
Ninguna
<b>Señales informativas</b>
Nombres de calles

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 16: Inventario de señales horizontales**

<b>Señales horizontales longitudinales</b>
<b>Líneas de eje</b>
Línea amarilla discontinua
Línea doble amarilla continua
<b>Líneas de carril</b>
Línea blanca discontinua
Línea blanca continua
<b>Señales horizontales transversales</b>
<b>Líneas de detención</b>
Paso de cebra
<b>Símbolos y leyendas</b>
Flecha de dirección

Fuente: Elaboración propia.

### **3.7. Diseño de semaforización**

En nuestra área de estudio no se cuenta con un sistema de semaforización en ninguna de las intersecciones, por lo cual una vez realizado el estudio de tráfico vehicular nos muestra como resultado que es necesario incorporar un sistema de semaforización en 3 intersecciones las cuales son:

Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz y C/ Antonio Borda.

Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz y Av. La Paz.

Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz y Av. Gran Chaco.

Para el diseño del sistema de semaforización se tomó en cuenta los tiempos de ciclo ya establecidos en algunos de los semáforos ya instalados en la ciudad de Tarija que estén próximos a la zona de estudio, obteniendo un tiempo aproximado entre 35 y 45 segundos en ciclos de semáforos, para el diseño de semáforos para el presente proyecto se asumió un tiempo de ciclo de 45 segundos en intersecciones con avenidas de mayor circulación vehicular y en intersecciones sencillas con menor volumen de circulación vehicular se asumió 35 segundos.

**3.7.1. Ejemplo de diseño del ciclo y fases del semáforo en una intersección**

INTERSECCION AV. MARCELO QUIROGA SANTA CRUZ Y AV. LA PAZ  
 DATOS

tam A = 5 seg  
 tam B = 5 seg  
 VA= 885 Veh  
 VB= 748 Veh

FORMULAS A USAR

$$\frac{V_A * tam A}{t_{VA}} = \frac{V_B * tam B}{T_{vb}}$$

$$\frac{t_{VB}}{t_{VA}} = \frac{V_B * tam B}{V_A * tam A}$$

$$\frac{t_{VB}}{t_{VA}} = \frac{748 * 5}{885 * 5}$$

$$t_{VB} = 0,845 t_{VA} \dots\dots\dots Ec 1$$

$$t_{VA} + t_{VB} + tam A + tam B = 45$$

$$t_{VB} + t_{VA} = 35$$

$$0,845 t_{VA} + t_{VA} = 35$$

$$1,845 t_{VA} = 35$$

$$t_{VA} = 19 \text{ seg} \dots\dots\dots Ec 2$$

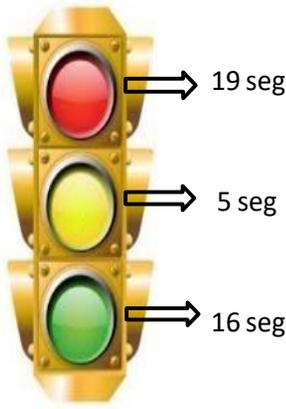
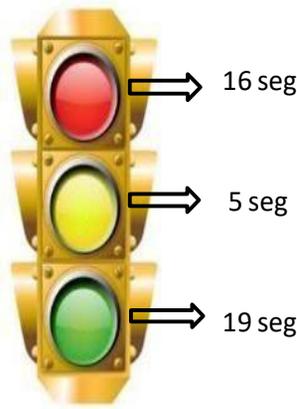
SUSTITUYENDO EC 2 EN EC 1

$$t_{VB} = 0,845 * 19$$

$$t_{VB} = 16 \text{ seg}$$

PRINCIPAL

SECUNDARIO



### **3.8. Costo económico de semaforización**

En el presente capítulo se hará el análisis del presupuesto general de las propuestas planteadas.

El propósito de las especificaciones es de exponer los requerimientos para una buena ejecución técnica de las obras, la utilización del equipo a utilizarse y la calidad de los materiales.

#### **3.8.1. Desglose de los ítems**

Para una mejor percepción del proyecto a continuación se detallan por ítems cada actividad que se debe realizar para llevar a cabo una semaforización e implementación de señalización vertical y horizontal.

En cada ítem se describe en qué consiste cada uno, la forma de pago y en qué unidades se debe medir.

#### **3.8.2. Análisis de precios unitarios y presupuesto general**

A continuación, se detalla el precio unitario de cada ítem tomando en cuenta los materiales, equipo, mano de obra y el costo de cada aplicación.

### **Ítem N° 1: Implementación de semáforo**

#### **Definición**

La implementación de un sistema de semaforización implica la instalación y configuración de semáforos en un área específica, como un cruce de carreteras, una intersección urbana o una zona industrial, con el objetivo de controlar y regular el flujo de tráfico vehicular y peatonal de manera segura y eficiente.

#### **Material**

**Semáforos:** Los semáforos en sí mismos son el componente más visible y esencial de cualquier sistema de semaforización. Estos incluyen las luces de tráfico rojas, amarillas y verdes, así como las flechas direccionales.

**Controlador de Semáforo:** Este dispositivo electrónico controla el funcionamiento de los semáforos y asegura que funcionen de acuerdo con el programa

preestablecido. Los controladores modernos a menudo son programables y pueden conectarse a sistemas de gestión de tráfico.

**Postes de Montaje:** Los postes de montaje proporcionan la estructura para fijar los semáforos en la ubicación deseada. Estos postes deben ser robustos y resistentes a las condiciones climáticas y al vandalismo.

**Cables y Conductos:** Se requieren cables eléctricos para la conexión de los semáforos y el controlador. Los conductos pueden utilizarse para proteger los cables y mantener un entorno ordenado.

**Sensores de Tráfico:** Para optimizar el funcionamiento del sistema, se pueden utilizar sensores de tráfico, como detectores de bucle inductivo en el pavimento o cámaras de video, para detectar la presencia de vehículos y regular el tráfico en tiempo real.

**Reflectores:** Los reflectores, especialmente los reflectores en forma de lente, pueden mejorar la visibilidad de los semáforos durante la noche o en condiciones de poca luz.

**Interruptores y Cajas de Control:** Estos componentes pueden ser necesarios para garantizar la seguridad eléctrica y facilitar el mantenimiento.

**Herramientas y Equipo de Instalación:** Esto incluye herramientas manuales y eléctricas, equipo de elevación y seguridad personal para los trabajadores que realizarán la instalación.

### **Procedimiento para la ejecución**

**Planificación y Diseño:** Identifica la ubicación exacta donde se requiere la implementación del sistema de semaforización, teniendo en cuenta el flujo de tráfico, los puntos de conflicto y la seguridad vial.

Diseña un plan detallado que incluya la ubicación de los semáforos, los tipos de señales (rojo, amarillo, verde, flechas direccionales, etc.), la duración de los ciclos de semáforo y las necesidades de programación.

**Autorizaciones y Permisos:** Obtén todas las autorizaciones y permisos necesarios de las autoridades locales y de tránsito para la instalación de semáforos en la ubicación planificada.

**Adquisición de Equipo:** Adquiere los semáforos y otros equipos necesarios, como controladores de semáforo, sensores de tráfico, postes de montaje, cables y componentes de señalización.

**Preparación del Sitio:** Lleva a cabo la preparación del sitio, que puede incluir la instalación de postes de semáforo, excavación para cableado subterráneo o aéreo, y preparación de cimientos para la ubicación de los semáforos.

**Instalación de Semáforos:** Monta los semáforos en los postes de acuerdo con el diseño planificado. Asegúrate de que estén correctamente alineados y nivelados.

**Cableado y Conexión:** Conecta los semáforos al sistema eléctrico a través de cables subterráneos o aéreos. Asegúrate de que la conexión sea segura y resistente a las condiciones climáticas.

**Configuración del Controlador:** Configura el controlador de semáforo de acuerdo con el plan de programación y los tiempos de ciclo establecidos. Asegúrate de que el controlador esté sincronizado correctamente con otros semáforos cercanos, si es necesario.

**Mantenimiento Continuo:** Establece un programa de mantenimiento regular que incluya inspecciones, limpieza, reparaciones y reemplazo de componentes según sea necesario.

**Monitoreo y Evaluación:** Supervisa el rendimiento del sistema de semaforización y realiza ajustes periódicos para mejorar la eficiencia y la seguridad vial.

**Medición:** Los semáforos se medirán por intersección.

Control de esquina semaforizada ..... Intersección.

## Análisis de precios unitarios

ITEM: 1

Obra: Implementación de Semáforo

Descripción: Instalación de semáforo

Unidad: Intersección

Fecha: Oct / 2023

Lugar: Tarija

<b>1.- Materiales</b>					
	<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Sub. Total</b>
	Semaforo vehicular 3x300 mm	Pza	4	5000	20000
	Controlador de transito de 8 fases (f8)	Pza	1	22000	22000
	Cable engomado de 4 polos	m	100	14	1400
	Cable engomado de 2 polos	m	100	12	1200
	Tubo galvanizados de 6 pulg	Pza	2	2000	4000
	Tubo galvanizados de 4 pulg	Pza	1	550	550
	Tubo galvanizados de 3 pulg	Pza	4	370	1480
	Contador regresivo	Pza	4	8000	32000
	<b>Total Material</b>				82630,00
<b>2.- Mano de Obra</b>					
	<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Sub. Total</b>
	Electrico especialista	Hr	8	22,25	178
	Ayudante	Hr	8	15	120
	<b>Sub Total Mano de Obra</b>				298,00
	<b>Beneficio Social (%Sub Total De La Mano De Obra)</b>			55%	163,90
	<b>Total Mano de Obra</b>				461,90
<b>3.- Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>					
	<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Sub. Total</b>
1	Grua	Hr	8	280	2240,000
2					
	<b>Sub Total De Equipo y Maquinaria</b>				2240,000
	<b>Herramientas (%*Total De La Mano De Obra)</b>			5%	23,095
	<b>Total Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>				2263,095
<b>4.- Gastos Generales y Administrativos</b>					
	<b>Gastos Generales =10%*(1+2+3)</b>				8535,50
<b>5.- Utilidad</b>					
	<b>Utilidad =10%*(1+2+3+4)</b>				9389,05
<b>6.- Total</b>					
	<b>Total Precio Unitario Adoptado (Bs)</b>				103279,54

## **Ítem N° 2: Implementación de señalización horizontal**

### **Definición**

Este ítem se refiere al pintado de las señalizaciones horizontales, tales como las flechas de dirección y los pasos peatonales.

### **Material**

El material utilizado para las marcas viales puede ser pintura termoplástica, pintura acrílica, resina epoxi, cintas reflectantes, entre otros. Debe ser duradero y resistente a la abrasión y las condiciones climáticas.

Se utilizará pintura reflectiva adecuada para el uso sobre pavimento.

**Reflectividad:** Deben ser reflectantes para mejorar la visibilidad, especialmente de noche o en condiciones de lluvia. Esto puede lograrse mediante cuentas de vidrio u otros materiales reflectantes incrustados en la pintura.

**Longitud y Separación:** Las marcas deben tener una longitud y una separación específica entre sí, dependiendo del tipo de marca (línea continua, línea discontinua, flecha, etc.).

**Color:** Los colores comunes para las marcas viales incluyen blanco para líneas de borde, amarillo para líneas centrales, y otros colores para marcas especiales.

**Adherencia:** Deben proporcionar un buen agarre para los neumáticos de los vehículos, especialmente en condiciones húmedas o resbaladizas.

### **Procedimiento para la ejecución**

Se deberá realizar una limpieza sobre el área a pintar para proceder a colocar el molde de las figuras, en horas de poco tráfico vehicular (preferentemente pasada la media noche 00:00 hrs) para poder proceder a pintar sin ningún riesgo.

**Selección de Ubicación:** Identifica el tramo de la carretera o calle donde se necesita la señalización horizontal, teniendo en cuenta la visibilidad y la distancia adecuada entre las marcas.

**Planificación y Diseño:** Diseña un plan detallado que incluya la ubicación, el tipo y la longitud de las marcas viales necesarias. Asegúrate de que el diseño cumpla con las regulaciones locales y nacionales.

**Preparación de los Materiales y Herramientas:** Reúne los materiales necesarios, que pueden incluir pintura termoplástica, pintura acrílica, cintas reflectantes, plantillas para marcas viales y herramientas de aplicación.

**Limpieza y Preparación del Pavimento:** Limpia la superficie del pavimento eliminando cualquier suciedad, grasa o escombros que puedan afectar la adherencia de la pintura. Asegúrate de que el pavimento esté seco y limpio.

**Mediciones y Marcado:** Utiliza cintas métricas y niveles láser para medir y marcar las ubicaciones exactas de las marcas viales, siguiendo el diseño planificado.

**Aplicación de las Marcas Viales:** Aplica las marcas viales utilizando las técnicas y materiales adecuados. Esto puede incluir el uso de plantillas para garantizar la uniformidad y la precisión de las marcas.

**Reflectividad (si es necesario):** Si las condiciones de visibilidad nocturna son un factor importante, utiliza cintas o pinturas reflectantes para mejorar la visibilidad de las marcas durante la noche.

**Secado y Curado:** Permite que la pintura se seque y cure según las recomendaciones del fabricante antes de permitir el tráfico sobre las marcas.

**Medición:** El pintado de la señalización horizontal se medirá por área pintada es decir en m<sup>2</sup>.

Señalización horizontal .....m<sup>2</sup>.

## Análisis de precios unitarios

ITEM: 2

Unidad: m<sup>2</sup>

Obra: Implementación de señalización horizontal

Fecha: Oct / 2023

Descripción: Señalización vertical

Lugar: Tarija

<b>1.- Materiales</b>					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	Pintura reflectiva color blanca de 3.5 lt	Lt	0,5	150	40
	<b>Total Material</b>				40,00
<b>2.- Mano de Obra</b>					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	Pintor	Hr	0,5	21	10,5
	Ayudante	Hr	0,5	15	7,5
	<b>Sub Total Mano de Obra</b>				18,00
	<b>Beneficio Social (%Sub Total De La Mano De Obra)</b>			55%	9,90
	<b>Total Mano de Obra</b>				27,90
<b>3.- Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	<b>Sub Total De Equipo y Maquinaria</b>				0,000
	<b>Herramientas (%*Total De La Mano De Obra)</b>			5%	1,395
	<b>Total Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>				1,395
<b>4.- Gastos Generales y Administrativos</b>					
	<b>Gastos Generales =%*(1+2+3)</b>			10%	6,93
<b>5.- Utilidad</b>					
	<b>Utilidad =%*(1+2+3+4)</b>			10%	7,62
<b>6.- Total</b>					
	<b>Total Precio Unitario Adoptado (Bs)</b>				83,85

### **Ítem N° 3: Implementación de señalización vertical**

#### **Definición**

Este ítem se refiere colocado de la señalización vertical tanto como informativas, preventivas y restrictivas.

#### **Material**

Las señales de tráfico pueden estar hechas de aluminio, acero galvanizado, plástico reflectante, o una combinación de estos materiales.

**Reflectividad:** Deben ser altamente reflectantes para ser visibles tanto de día como de noche. Esto se logra mediante láminas reflectantes aplicadas sobre la superficie de la señal.

**Tamaño y Forma:** El tamaño y la forma de las señales deben cumplir con las regulaciones específicas, lo que incluye dimensiones precisas para el texto y los símbolos.

**Colores:** Cada señal tiene un color específico que indica su función. Por ejemplo, las señales de alto son rojas, las de advertencia son amarillas, las de regulación son blancas, etc.

**Altura de Montaje:** Deben estar montadas a una altura específica sobre la superficie de la carretera para garantizar su visibilidad.

**Ángulo de Inclinación:** Deben estar inclinadas a un ángulo específico para facilitar la lectura.

**Iluminación:** Algunas señales, especialmente en áreas con poca iluminación, pueden requerir iluminación adicional, como reflectores o luces LED.

**Texto y Símbolos:** El texto y los símbolos en las señales deben cumplir con fuentes y dimensiones específicas para facilitar su comprensión.

**Cumplimiento Normativo:** Todas las señales deben cumplir con las regulaciones y normativas locales o nacionales aplicables

## **Procedimiento para la ejecución**

La instalación de señales verticales en carreteras y calles es un proceso que requiere precisión y cumplimiento estricto de las normativas locales y nacionales de tráfico.

**Selección de Ubicación:** Identifica el lugar donde se debe instalar la señal, teniendo en cuenta la visibilidad y la distancia adecuada desde el punto donde se debe realizar la acción indicada en la señal (por ejemplo, pare, zona escolar, ceder el paso, hospital, etc.).

**Elección de la Señal Adecuada:** Selecciona la señal de tráfico apropiada que se ajuste a las necesidades y regulaciones específicas para la ubicación y el propósito previsto.

**Revisión de la Normativa:** Asegúrate de cumplir con todas las regulaciones de tráfico y las especificaciones de diseño para la ubicación y el tipo de señal que se instalará.

**Preparación de los Materiales y Herramientas:** Reúne los materiales necesarios, que pueden incluir la señal, postes, tornillos, tuercas, herramientas de montaje y reflectores, si es necesario.

**Excavación y Preparación del Terreno:** Excava los agujeros para los postes de montaje, asegurándote de que sean lo suficientemente profundos y anchos como para proporcionar una base sólida y estable.

**Instalación de Postes:** Coloca los postes en los agujeros y asegúralos con hormigón o material de relleno adecuado. Asegúrate de que los postes estén nivelados y en la posición correcta.

**Montaje de la Señal:** Fija la señal al poste de montaje utilizando las tuercas y los tornillos adecuados. Asegúrate de que la señal esté nivelada y en la posición correcta.

**Medición:** La instalación de estas señales será medida por piezas.

Señalización vertical .....pza.

## Análisis de precios unitarios

ITEM: 3

Obra: Implementación de señalización vertical

Descripción: Señalización vertical

Unidad: Pza.

Fecha: Oct / 2023

Lugar: Tarija

<b>1.- Materiales</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	Plancha Metálica de 0.9 x 0.6m esp. 3mm	Pza	1	190	190
	Tubo metálico galvanizado de 3"de diámetro x 3m de largo	Pza	1	190	190
	Hierro platino de 0.05 x 0.4m esp. 1/8	Pza	2	11	22
	Pernos galvanizados con rosca y dos arandelas de presión 3/8 x 1" al fondo ordinaria	Pza	4	3	12
	Lija de fierro Gramo N° 36 de 225mm x 275mm por unida	m	1	4	4
	Pintura anticorrosiva color plomo de 3.5 lt	Lt	0,5	150	75
	Reflectivo blanco	m2	0,6	180	108
	Reflectivo rojo	m2	0,3	180	54
	Reflectivo negro	m2	0,3	180	54
	Electrodo	Kg	0,5	30	15
	Cemento	Kg	3	0,91	2,73
	Arena	Kg	6	2	12
	grava	Kg	9	2	18
	<b>Total Material</b>				756,73
<b>2.- Mano de Obra</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	Albañil	Hr	8	18	144
	Ayudante	Hr	8	12,5	100
	<b>Sub Total Mano de Obra</b>				244,00
	<b>Beneficio Social (%Sub Total De La Mano De Obra)</b>			55%	134,20
	<b>Total Mano de Obra</b>				378,20
<b>3.- Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total
	Herramientas menores	Hr	8	20	160,000
	<b>Sub Total De Equipo y Maquinaria</b>				160,000
	<b>Herramientas (%*Total De La Mano De Obra)</b>			5%	18,91
	<b>Total Equipo, Maquinaria y Herramientas</b>				178,910
<b>4.- Gastos Generales y Administrativos</b>					
	<b>Gastos Generales =%*(1+2+3)</b>			10%	131,38
<b>5.- Utilidad</b>					
	<b>Utilidad =%*(1+2+3+4)</b>			10%	144,52
<b>6.- Total</b>					
	<b>Total Precio Unitario Adoptado (Bs)</b>				1589,75

### 3.8.3. Costo General

<b>Presupuesto General</b>					
<b>Item N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio bs</b>	<b>Total</b>
1	Control de intersección semaforizada	pto	3	14905,74	44.717,23
2	Poste de sustentación	pza	5	1108,66	5.543,30
3	Tendido de cable matriz	ml	2850	66,61	189.844,16
4	Control semafórico	pto	3	13836,91	41.510,73
5	Señalización horizontal	m <sup>2</sup>	1350	3,29	4.441,50
6	Señalización vertical	pza	30	835,02	25.050,60
Sub-total:					311.107,52
Imprevistos (5%) :					15.555,38
Total general					326.662,89
Literal : Trescientos veintiséis mil seiscientos sesenta y dos 89/100 Bs.					

### 3.9. Análisis de resultados

A través de los resultados obtenidos de volúmenes vehiculares y con la relación V/C se pudo determinar los niveles de servicio de las intersecciones en cada uno de sus accesos en la zona de estudio (ver de Anexo 33 hasta Anexo 64); las cuales presenta un “nivel de servicio C” el cual es aceptable dentro de los rangos de clasificación, a pesar de ello se presentan congestionamientos vehiculares para lo cual se propone como solución la implementación de señalizaciones verticales y horizontales, además de sistemas de semaforización .

Se logró analizar los aspectos relacionados con la ingeniería de tráfico, el cual nos ayudó a determinar los parámetros a estudiar para desarrollar el comportamiento de la circulación vehicular, así también se aplicó la metodología aplicada en los manuales de las vías, sirviendo como base para el desarrollo del estudio de tráfico, con lo cual se pudo determinar las capacidades y niveles de servicio en cada intersección.

Se realizó los aforos continuos diarios, concluyendo así que las horas pico son:

07:00 a 08:00, 12:00-13:00 y 19:00-20:00 influenciadas por las actividades económicas, educacionales y comerciales propias de la ciudad de Tarija. En dichas horas se realizó el

aforo de volúmenes, y se concluye que las intersecciones más transitadas son las intersecciones: C/ Antonio Borda, Av. La Paz y Av. Gran Chaco, por lo que es necesario descongestionar el tránsito mediante un sistema de semaforización.

Al momento de hacer el análisis de la zona de estudio se identificó la falta de señalización tanto vertical como horizontal ya que en la zona de estudio se cuenta con zonas escolares y centros de salud cercanos, y no se cuenta con ningún sistema de semaforización en alguna intersección de la zona de estudio.

Se pudo identificar que los días de mayor volumen vehicular son los días martes, jueves y sábados, esto debido al movimiento socioeconómico que presentan las actividades en el campo ferial del barrio El Constructor y la feria del barrio San Bernardo.

### **Análisis de capacidad vehicular**

La capacidad vehicular es un proceso que se utiliza para evaluar la capacidad de una carretera, calle o cualquier infraestructura vial para acomodar el flujo de tráfico de manera eficiente y segura. Este análisis es fundamental para el diseño y la gestión del transporte y la planificación urbana.

El primer paso en el análisis de capacidad vehicular es determinar el volumen de tráfico, es decir, la cantidad de vehículos que pasan por una determinada sección de la carretera o calle en un período de tiempo específico. Esto se puede medir mediante el conteo de vehículos.

En muchas situaciones, el análisis de capacidad vehicular se centra en intersecciones, ya que son puntos críticos donde se pueden producir congestiones.

En este estudio de tráfico sobre la Av. Marcelo Quiroga Santa Cruz se pudo evidenciar que la capacidad vehicular de la avenida no está siendo superada por la circulación actual del tráfico lo cual es un indicador de que aún se encuentra estable en cuanto se refiere al congestionamiento vehicular, por lo cual no se tienen propuestas necesarias para mejorar su capacidad vehicular actual, sin embargo se debe analizar un posible aumento de la cantidad de vehículos  $q$  transiten por esta avenida para poder tomar acciones como el ensanchamiento de carril o la restricción de circulación de vehículos para disminuir el volumen del mismo.

### **Análisis de nivel de servicio**

El nivel de servicio es una evaluación detallada de cómo opera dicha carretera o calle en términos de calidad del servicio para los usuarios. Este análisis tiene en cuenta varios factores que pueden afectar la experiencia de conducción y la eficiencia del flujo de tráfico en la carretera o vía.

El primer paso en el análisis de nivel de servicio es recopilar datos relevantes sobre la carretera y el tráfico. Esto incluye información sobre el volumen de tráfico, la velocidad de los vehículos, la geometría de la carretera, las intersecciones y otros elementos que pueden afectar el flujo de vehículos.

Se establecen parámetros específicos para evaluar el nivel de servicio, como la velocidad promedio, el tiempo de espera en intersecciones, la densidad de tráfico y otros indicadores relevantes. Estos parámetros pueden variar según las pautas y estándares utilizados en un país o región.

Debido a que en la zona de estudio se presentan niveles de servicio favorables y óptimos para su circulación, se hace innecesario plantear hipótesis para su descongestión, sin embargo, existen intersecciones que se encuentran al límite de pasar del nivel de servicio C al nivel de servicio D, por lo cual se debe plantear propuestas de mejoras como ensanchamiento de carril, implementación de semáforos y/o en algunos casos aumentar un carril de circulación si es que fuese posible.

### **Análisis de señalización**

Es un proceso fundamental para garantizar la seguridad y la eficiencia en la circulación de vehículos. Este análisis implica evaluar la efectividad y la adecuación de la señalización vial en una carretera específica.

El análisis de señalización generalmente comienza con una inspección visual de la carretera para identificar la presencia de señales de tráfico, marcas viales y dispositivos de control de tráfico, como semáforos y señales de paso peatonal.

Se evalúa la visibilidad de las señales de tráfico desde la perspectiva de los conductores. Las señales deben ser fácilmente visibles y legibles en condiciones normales de conducción, tanto de día como de noche.

Se analiza la ubicación de las señales en la carretera. Las señales deben estar colocadas en lugares estratégicos y apropiados para advertir a los conductores sobre peligros, indicar normas de tráfico y proporcionar información útil.

Se evalúa si las señales están en buen estado de conservación y si se mantienen de manera regular. Las señales dañadas, desgastadas o ilegibles deben ser reemplazadas o reparadas.

Tomando en cuenta estos aspectos mencionados, se detectó la falta de señalización tanto vertical como horizontal en todo el tramo de la zona de estudio, dando, así como resultado la implementación de señalización horizontal (pintado sobre el pavimento) tales como separadores de carril, flujos direccionales en cada intersección, cruce de peatones, etc.

En cuanto a la señalización vertical hace falta la referencia de zonas escolares, zonas de atención de salud y señalización preventiva para el cruce de peatones, estas señalizaciones aliviarán el transitar de los peatones y pondrá en alerta a los conductores al poder observar ciertas señales.

### **Análisis de semaforización**

El primer paso consiste en identificar las intersecciones o áreas donde se requiere la implementación de semaforización. Esto puede basarse en datos de accidentes, congestión de tráfico, volúmenes de tráfico y la necesidad de facilitar el flujo de peatones.

Para el caso de nuestro estudio se obtuvo la implementación de semáforos en 3 intersecciones, siendo a causa del elevado volumen de tráfico y tomando en cuenta el número de accidentes que se registran en las mismas.

Si la intersección involucra cruces peatonales, se realiza un estudio específico del cruce de peatones, las necesidades de tiempo de cruce y la visibilidad de las señales peatonales, lo cual para el presente estudio el número de peatones es mínimo y por lo tanto no requiere de un estudio específico en peatones por lo cual no es indispensable la incorporación de un semáforo peatonal.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

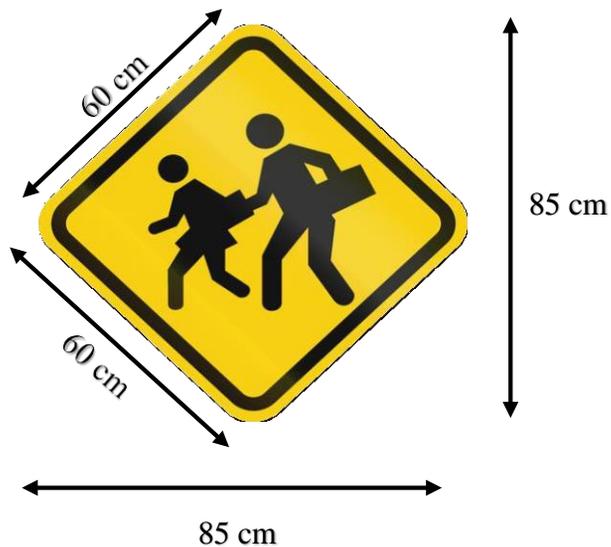
## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

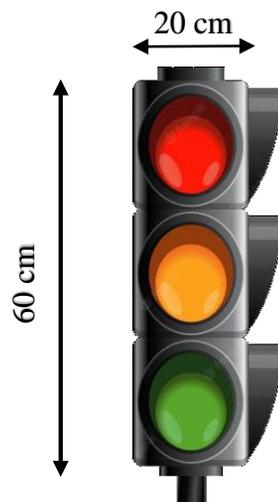
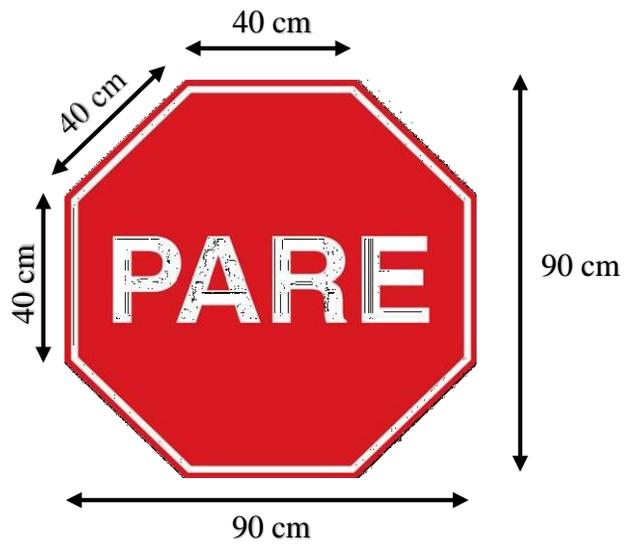
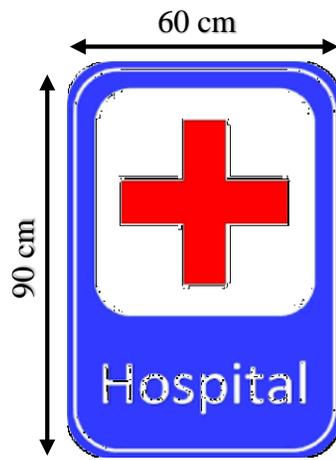
### 4.1. Conclusiones

Finalizado el presente trabajo, se tienen las siguientes conclusiones:

- Al realizarse un análisis metodológico para la determinación de la congestión vehicular, al aumentar sistemas de semaforización y señalización vertical y horizontal, se pudo dar solución al problema del tráfico vehicular.
- Realizando el levantamiento de datos en las zonas de estudio, se pudo apreciar la falta de semaforización y pasos de cebra, los peatones cruzan indebidamente las calles por lugares inseguros y en momentos imprecisos, como los conductores, que se detienen inapropiadamente, ambos pudiendo provocar accidentes, se espera que aliviando la congestión vehicular con una apropiada semaforización y señalización, se ayude a disminuir reducir los casos de accidentes.
- Al alivianar la congestión, se espera poder optimizar la circulación del flujo vehicular y peatonal en las intersecciones estudiadas y en las calles adyacentes a esta.
- Se espera que la semaforización sea eficiente que se propone en este estudio, disminuya el congestionamiento, regularice velocidades y tiempos de recorrido para todos los usuarios.
- Para la implementación de las señales verticales se tomará en cuenta las siguientes alturas y dimensiones según la norma vigente de la ABC para vías urbanas:

En toda la zona de estudio las señalizaciones verticales estarán a una altura de 1,80 metros siendo la altura mínima para vías urbanas.





## **4.2. Recomendaciones**

- Capacitar al personal que va a realizar el aforo, para que tenga un conocimiento básico sobre la identificación del tipo de vehículos y los movimientos que estos realizan.
- El manejo de los datos obtenidos en campo, deben de estar ordenados y bien anotados para facilitar el trabajo en gabinete
- Se recomienda que para los aforos se debe tener mucho cuidado, ya que al momento de contar puede a ver distracciones lo que ocasionaría datos irreales en la medición.
- Tomar en cuenta que en los días de aforo pues no exista algún inconveniente que pueda afectar al volumen de circulación como bloqueos, paros, manifestaciones sociales, días festivos, o algún acontecimiento cercano a la zona de estudio.
- Ayudar a cumplir las leyes de tránsito con mayor rugosidad para que las alternativas propuestas tengan un efecto positivo al momento de utilizarlas.
- Rediseñar el circuito del transporte público, lo cual puede contribuir a reducir el congestionamiento vehicular, ya que el rediseño puede llegar a la conclusión de que el transporte público debe desplazarse por otros tramos sin congestionamiento y por ende contribuir a reducir la demora en el tramo congestionado.
- Desarrollar un plan detallado para la implementación de los semáforos, que incluya un cronograma, asignación de recursos, y consideraciones de seguridad para minimizar las interrupciones en el tráfico existente durante la instalación.
- Obtener los datos geométricos de las intersecciones como ancho de carril, en horas del mínimo volumen vehicular para así no estar expuestos a algún tipo de accidente.

## **4.3. Propuestas**

### **Propuesta N°1 - Implementar señalización horizontal**

Aplicar una división de carriles, pintado de paso peatonal, sentido de flujo en cada intersección para que a través de la señalización horizontal el usuario pueda circular por un carril ya definido según la maniobra que este ha de realizar.

### **Propuesta N°2 - Implementar señalización vertical**

De igual manera se realiza la implementación de señalización vertical en diferentes intersecciones, para la identificación del nombre de las calles, zonas escolares cercanas, establecimiento de salud cercana y a la vez el sentido en el que deben ser circuladas.

### **Propuesta N°3 - Implementación de semaforización**

El estudio realizado con este proyecto, da como resultado la implementación de 3 sistemas de semaforización en las intersecciones N°5, N°10 y N° 22, 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.