

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La señalización y semaforización forma parte de la ingeniería de tráfico mediante la cual se quiere lograr una circulación peatonal y vehicular de forma ordenada y segura para el bien común del conductor, así como del peatón.

En la localidad de San Lorenzo, primera sección de la provincia Méndez, al pasar de los años se puede ver el conflicto vehicular que existe en su zona central, dicho conflicto se debe al crecimiento poblacional y el crecimiento vehicular. Tomando en cuenta la tasa de crecimiento que nos ofrece el INE del censo realizado el año 2012 proyectado al presente año se puede decir que la localidad de San Lorenzo cuenta con 3641 habitantes.

El manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas hace referencia que en áreas urbanas la tasa de motorización es de 145 vehículos (4 ruedas) por cada 1000 habitantes.

Con el crecimiento poblacional y vehicular ya mencionado, como así también a la concentración de los diferentes lugares públicos que se encuentran en la zona central, por ejemplo, el mercado de San Lorenzo, distintos bancos instalados alrededor de su plaza, instituciones educativas, instituciones públicas, entre otros, trae consigo un desorden vehicular como también peatonal en horarios pico.

Lo que se hace en este trabajo es un estudio de tráfico mediante aforo de volúmenes de acuerdo a la norma AASHTO, cuyos aforos se los realiza en horarios pico respectivamente definidos, con la finalidad de obtener datos necesarios para procesarlos y encontrar resultados en los cuales nos basamos para dar solución al problema ya mencionado.

Para el estudio de señalización se procedió a realizar un recorrido por toda la zona de estudio para realizar un inventario de señales existentes y así identificar qué tipo de señal será la adecuada que se debe implementar, las señales respetan la normativa de la ABC Administradora Bolivia de Carreteras y criterios del manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Es de mucha importancia el estudio de tráfico vehicular para poder brindar soluciones, fundamentalmente en zonas urbanas, en zonas en las que presentan crecimientos patentes tanto vehiculares como poblacionales, como es el caso del pueblo de San Lorenzo.

Como resultado de este estudio se podrá dar y mejorar la calidad de desplazamiento tanto de peatones, transporte público, etc. Con el estudio de tráfico apropiado también se podrán establecer paradas de transporte público, zonas de prohibición de estacionamientos, pasos peatonales, mediante señaléticas se informará, prohibirá y reglamentará al conductor mediante señales.

## **1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La mayoría de las áreas urbanas de Bolivia, independientemente de su tamaño, gira en torno a sus centros históricos patrimoniales, en estos centros y sus alrededores tienen las siguientes características:

La red vial es estrecha, las aceras de igual manera son estrechas, están en mal estado y, en muchos casos, sólo existen los cordones, existe problemas en la señalización vertical y horizontal, no existe infraestructura destinada a los ciclistas como las ciclo vías o al transporte público como carriles exclusivos, no existen paradas para buses, no existen lugares claramente establecidos para el estacionamiento. Las vías carecen de identidad pues no están diseñadas en función de las condiciones, no obstante, estos centros concentran gran parte de la ubicación de diferentes lugares públicos y privados, como tal es el caso de la localidad de San Lorenzo que en sus alrededores de su zona central tiene la ubicación de diferentes bancos, colegio, escuela, mercado, paradas de transporte público, oficinas públicas, etc. y generan una importante demanda de servicio de transporte, causando congestión particularmente en los horarios pico por la concentración de líneas de transporte público, la cantidad de vehículos privados y de peatones, así como de los numerosos vehículos estacionados.

La falta de un estudio de tráfico que brinde soluciones, y el incremento de las tasas de motorización, la situación se vuelve peor cada año, afectando a la población en general.

## **1.4 HIPÓTESIS**

Si se realiza un estudio de implementación de señalización horizontal y vertical adecuada para la zona, como así también un estudio de volúmenes para determinar la implementación de semáforos en el casco viejo de San Lorenzo, se podrá regular el tráfico vehicular y brindar mayor seguridad al peatón como al conductor.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Estudiar la implementación de la señalización y semaforización del casco viejo de San Lorenzo mediante el aforo de tráfico, según la norma establecida con el fin de encontrar soluciones para regular el tráfico en la zona.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Estudiar la teoría y normas de señalización y semaforización.
- Identificar si existen puntos en los cuales es necesaria la semaforización.
- Elaborar un inventario de la zona de estudio, para la identificación de los puntos que requieran señalización y el tipo de señal a implementar.
- Realizar la conclusión y recomendación del estudio realizado, teniendo como base el resultado final.

## **1.6 ALCANCE DEL ESTUDIO**

El alcance del presente trabajo realizado está definido en una delimitada área en el municipio de San Lorenzo que consta en treinta y nueve intersecciones que se encuentran más próximas a la zona central de dicha comunidad, donde se busca estudiar el problema de tráfico para poder determinar las soluciones necesarias para la regulación de tráfico vehicular de esta manera brindar mayor seguridad y comodidad al usuario.

## CAPÍTULO II

### INGENIERIA DE TRÁFICO

#### 2.1 DEFINICIÓN

Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

#### 2.2 ELEMENTOS DE TRÁFICO

Elemento peatón

Elemento conductor

Elemento vehículo

Elemento vía

##### 2.2.1 Elemento peatón

Se considera como peatón a toda la población en general que transita a pie por una vía pública.

Es de mucha importancia el estudio de los peatones ya que el peatón no es víctima del tránsito, sino también una de sus causas, ya que el crecimiento vehicular trae consigo unos innumerables problemas de accidentes causados muchas veces por los peatones, ya sea por el de no contar con señal adecuada o simplemente por no dar uso a las diferentes señales de prevención que existen en una vía.

Es por eso que la implementación de señales como también así de semáforos, es de mucha importancia para poder aumentar la seguridad al peatón.

##### **Características peatonales**

Las características peatonales pueden influenciar en el diseño y localización de los diferentes tipos de dispositivos de control; por dicha razón se debe tener en cuenta todas aquellas características del peatón. Por ejemplo, para el diseño de un cruce de peatones, tenemos que tener conocimiento de las velocidades en las que un peatón tardará en cruzar dicha intersección. También se debe tener en cuenta las diferencias significativas de

velocidades entre los hombres y mujeres, así también se debe tomar en cuenta a los peatones con discapacidades.

### **Aceras para peatones**

Las aceras para peatones son espacios adecuados y destinados a la circulación de los peatones.

El peatón para hacer su recorrido de un lugar a otro, hace uso de las aceras peatonales las cuales tienen características diferentes, ya que pueden existir aceras anchas o angostas, estas últimas hacen que la circulación peatonal sea incómoda y molesta para los propios peatones ya que estos al estar incómodos o la acera llega a ocupar su capacidad máxima estos pueden llegar a transitar muchas veces fuera de las aceras, es por ello la importancia que tienen estas en la seguridad del peatón.

### **2.2.2 Elemento Conductor**

Es aquella persona que maneja un vehículo o motorizado que circula por una vía. El cual tiene un papel muy importante y que quizá se considere el elemento más importante en el presente estudio ya que este sujeto tiene que tener la capacidad, habilidad, responsabilidad para una conducción apropiada.

#### **Características del conductor**

Las características del conductor van relacionadas con diferentes factores que de una u otra forma influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

Factores internos

Factores externos

#### **Factores internos**

Son aquellos que provienen del conductor mismo como los aspectos físicos, psicológicos y de salud como:

La vista

El oído

Reacciones físicas y psicológicas

## **La vista**

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica. Consta de una cavidad que tiene una lente en la parte frontal. Esta lente tiene un obturador, al igual que la cámara fotográfica, que puede ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera admitir esa cavidad interior. El órgano visual humano tiene una serie de celdas en la parte posterior, o retina, que son las que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro.

Los músculos pueden variar la distancia focal mediante ciertos movimientos del ojo. Esto permite a la persona enfocar a distancia variable.

De la facultad de enfocar vamos a citar unas cuantas cifras que nos interesan a ese respecto.

Para el movimiento de la cabeza del usuario se han hecho algunos experimentos para determinar cuánto tiempo tarda en ver un objeto, hacer un ligero movimiento y observar otro en dirección diferente. Reaccionar significa que el mensaje es enviado del ojo al cerebro y este ordena el movimiento a los músculos, para accionar. Para cambiar de ángulo se necesitan de 0,1 a 0,3 segundos. Finalmente, el tiempo necesario para enfocar es de 0,17 a 3 segundos, si se sale de un medio oscuro a uno de luz natural, en cuyo caso el órgano visual humano tarda más tiempo en adaptarse.

En el caso de la salida de un túnel, en promedio tarda como 3 segundos, dependiendo de cada individuo.

Veamos cuánto tarda un conductor que llega a una esquina en saber únicamente si el paso está libre. Para voltear hacia la derecha necesita de 0,1 a 3 segundos; enfocar le lleva aproximadamente 0,3 segundos; voltear a la izquierda de 0,1 a 3 segundos, finalmente, enfocar otra vez. La suma total del tiempo necesario para voltear a la derecha, enfocar, voltear a la izquierda y enfocar, es de un segundo y cuarto, tomando valores máximos. Son valores obtenidos a través de experiencias directas, es decir, en forma empírica.

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

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

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

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

### **El oído**

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

### **Reacciones físicas y psicológicas**

Se determina dos tipos de reacciones que puede presentar el conductor las cuales son: la reacción física o condicionada y la reacción psicológica.

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

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

**La reacción psicológica**, en cambio, es un proceso intelectual que culmina en un juicio. Se trata de estímulos que son percibidos y enviados al cerebro. Después de obtener una

reacción se llega a una decisión para actuar. Son reacciones intelectuales del individuo, pero están afectadas por las emociones y otras causas que pueden modificar las facultades del mismo.

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

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

- La fatiga
- Las enfermedades
- El estado emocional del individuo
- El consumo de alcohol y drogas
- El clima
- Las condiciones del tiempo
- El cambio del día a la noche y viceversa

### **Factores externos**

Estos factores son aquellos que influyen en la reacción del conductor y no dependen de dicho conductor, sino del entorno de su recorrido, por ejemplo:

- La distancia de visibilidad de la vía
- Ancho de carril
- Presencia de cruces
- Señalización
- Fenómenos atmosféricos

### **Proceso de la percepción – reacción**

El proceso con el cual un conductor, un ciclista o un peatón evalúa y reacciona a un estímulo puede dividirse en cuatro subprocesos:

Percepción: El conductor ve un dispositivo de control, una señal de peligro, u objeto en el camino.

Identificación: El conductor identifica el objeto o dispositivo de control y así entiende el estímulo.

Emoción: El conductor decide qué acción tomar en respuesta al estímulo, por ejemplo: para el cambio al pedal del freno, pasar, virar, o cambiar de carril.

Reacción: El conductor ejecuta la acción decidida durante el subproceso de las emociones.

El tiempo transcurre durante cada uno de estos subprocesos. El tiempo que transcurre desde el inicio de la percepción hasta el final de la reacción es el tiempo total requerido para la percepción, la identificación, las emociones y la solución, algunas veces llamado tiempo PIEV o comúnmente, tiempo de percepción-reacción.

El tiempo de percepción – reacción es un factor importante en la determinación de la distancia de frenado, además de la distancia mínima de visión requerida en una carretera y la longitud de la raya amarilla en una intersección señalada. El tiempo de percepción – reacción varía entre individuos, y de hecho varía para la misma persona dependiendo de la ocasión. Estos cambios en el tiempo de percepción – reacción depende de cuán complicada es la situación, la condición ambiental, la edad, el cansancio, influencia de drogas y/o alcohol y si el estímulo es previsto o inesperado.

### **2.2.3 Elemento vehículo**

El vehículo es un medio de transporte que se lo utiliza para poder trasladarse de un lugar a otro.

#### **Características del vehículo**

Las características para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el peso y el tamaño de los vehículos; las características cinemáticas comprenden el movimiento del vehículo considerar las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo.

Por tanto, el diseño de una carretera incluye la selección de un vehículo de diseño, cuyas características cubran las relacionadas con la mayor parte de los vehículos que se espera usen la carretera. Estas características son aprovechadas para determinar criterios en el diseño geométrico, en el diseño de intersecciones y los requerimientos de distancia visual.

### **Clasificación por tipo de vehículo**

La administradora boliviana de carreteras (ABC) clasifica los vehículos de la siguiente manera:

Vehículos livianos: Automóviles, camionetas hasta 1500 kg.

Locomoción colectiva: Buses rurales e interurbanos.

Camiones: Unidad simple para transporte de carga.

Camión con semirremolque o remolque: Unidad compuesta para transporte de carga.

Con esta clasificación vamos a nombrar y especificar los tipos de vehículos, los cuales se dividen en: vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados.

Vehículos livianos:

Bicicletas

Motocicletas

Taxis

Vagonetas

Camionetas pequeñas

Jeep

Vehículos livianos:

Camionetas de 4 o 6 cabinas

Camionetas

Micros

Vehículos pesados:

Camiones con remolque

Camiones sin remolque

#### **2.2.4 Elemento vía**

Entendemos por vía, la faja de terreno adicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de vía incluye a las carreteras camino y las calles de la ciudad.

##### **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 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 subrasante 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.

##### **Congestionamiento de vías**

El congestionamiento de una vía se lo puede definir como las siguientes:

Movimiento deficiente de vehículos.

Saturación vehicular.

Pérdida de tiempo y velocidad.

Podemos medir el congestionamiento mediante la comparación de movimientos en condiciones ideales; lo podemos medir en las unidades de velocidad y retardo.

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 crucero.

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. Además, hay otros casos en que tendríamos que hacer alto, por ejemplo, al llegar a una avenida que tiene derecho de paso, por detenernos a esperar que bajen o suban los pasajeros de un autobús, etc.

## **2.3 PARÁMETROS DEL TRÁFICO**

Para conocer el funcionamiento del tráfico es necesario realizar medidas y estudios en las carreteras existentes. Los datos obtenidos se utilizan como base para el planeamiento y explotación de las redes viarias, las regulaciones de tráfico y para realizar investigaciones sobre el efecto de los diferentes elementos de la carretera en la circulación de los vehículos.

### **2.3.1 Volumen**

El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo de vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el Volumen de tráfico Horario (TPH).

Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el Volumen de Tráfico Diario (TPD).

Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el Volumen de Tráfico Anual (TPDA).

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y personas sobre puntos o

secciones especificadas. Dichos volúmenes de tráfico son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonable de la calidad de servicio prestado a los usuarios.

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. Así se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario, volumen de tráfico hora.

En el estudio de carreteras, una de las unidades de medida de volúmenes de tráfico más frecuentemente utilizado es el promedio diario de los volúmenes registrados durante un cierto periodo.

### **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 tiempo TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variaciones horarias donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora o a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuáles son las de menor volumen u horas de baja intensidad. Con este tiempo se puede determinar el volumen pico horario el cual se lo utiliza para:

- Clasificaciones funcionales de las carreteras.

- Diseño de las características geométricas de la carretera, por ejemplo, número de carriles, señalización de intersecciones o canalización.

- Análisis de la capacidad.

- Desarrollo de programas relacionados con las operaciones del tráfico, por ejemplo, sistemas de una calle unidireccional o el encaminamiento del tráfico.

- Desarrollo de las regulaciones del estacionamiento.

### **Tránsito Promedio Diario (TPD)**

Se define como volumen de tránsito promedio diario, como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado igual o menor a un año y mayor que un día, dividido en el número de días del periodo.

El TPD se lo utiliza para las siguientes actividades:

Planeamiento de las actividades de la carretera.

Medición de la demanda actual.

Evaluación del flujo de tráfico existente.

### **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

Es el promedio de 24 horas de conteo efectuado cada día en un año. El TPDA se utiliza en varios análisis de tráfico y transporte para:

Estimación del número de usuarios en una carretera.

Cómputo de los índices de accidentes.

Establecimiento de la tendencia del volumen del tráfico.

La evaluación de la viabilidad económica de la carretera proyectada.

Desarrollo de autopistas y sistemas arteriales de calles.

Desarrollo de programas de mejora y mantenimiento.

### **Variaciones de volumen**

Nos referimos con variación de volumen a las variaciones periódicas que sufre el tráfico en las horas del día, en los días de la semana, en los meses del año y en el sentido de circulación. Entonces podemos mencionar a:

Variación horaria

Variación diaria

Variación semanal

Variación mensual

Variación por sentido

### **Variación horaria**

El volumen de tráfico es diferente a lo largo de las horas del día, pudiendo existir horas de máximo flujo y horas de flujo medio o así también horas de flujo bajo.

### **Variación diaria**

A lo largo de los días de la semana el volumen de tráfico es diferente generalmente presentándose estas diferencias entre los días hábiles de trabajo y los días no hábiles,

feriados, etcétera. Esta variación diaria permitirá establecer una metodología más adecuada del control de la circulación en los días de máximo volumen.

### **Variación semanal**

A lo largo de las semanas, generalmente con respecto a las estaciones, existe una variación entre los volúmenes.

### **Variación mensual**

A lo largo de los meses del año puede existir una variación del volumen de tránsito generalmente por las épocas relacionadas con a las estaciones del año y con los periodos de vacaciones, es decir los meses de vacaciones de fin año; los meses de verano son aquellos que tiene un incremento de volumen.

### **Variación por sentido**

En carreteras o calles que tengan ambos sentidos de circulación también es importante establecer la variación que estas tienen, aunque normalmente deben tener valores similares algunas características muy particulares podrían hacer variar la cantidad por sentido, por ejemplo, que uno de los carriles esté conectado a una calle arterial mientras el otro sentido solo esté conectado con calles conectoras.

### **2.3.2 Velocidad**

La velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que tarda en recorrerlo. La velocidad en carreteras generalmente se considera uniforme desde el punto de vista académico, si bien esto no es evidente en la realidad. Esa velocidad uniforme por definición es el cociente de la distancia recorrida entre el tiempo que se tarda en recorrer esa distancia, o sea:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

La velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin que origine un equilibrio entre el usuario, vehículo y la vía de tal manera que se garantice seguridad.

Existen diferentes tipos de velocidades:

Velocidad en un punto  
Velocidad de recorrido total  
Velocidad de crucero  
Velocidad directriz

### **2.3.2.1 Velocidad en un punto**

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se lo denomina velocidad instantánea.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad.

#### **Ubicación del estudio**

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

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

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

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

En todas las arterias principales.

En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos. Cuando un punto se está estudiando, es importante que los datos estén obtenidos imparcialmente. Para esto se requiere que los conductores sean inconscientes de que se está conduciendo tal estudio.

#### **Tiempo y duración del estudio para el estudio de la velocidad**

La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante horas pico. Sin embargo,

cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas.

### 2.3.2.2 Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, tiempo que fluye en la relación y demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuando menor es la velocidad de recorrido total, mayor el congestionamiento de 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 o está en movimiento.

Este tiempo de demoras puede tener como causas, detención de vehículos, cruce de peatones, semáforos, etc.

$$VRT = \frac{dr}{tc + td}$$

Donde:

VRT = Velocidad de Recorrido Total (km/h).

tc = Tiempo de circulación (horas).

td = Tiempo de demoras (horas).

dr = Distancia de recorrido (km).

### 2.3.2.3 Velocidad de crucero

También conocida como velocidad en marcha, es el recorrido total entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener esta velocidad de crucero es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por la causa de demoras que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de crucero es menor con la velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá indicarnos cuánto es la incidencia y en magnitud el de las demoras en la velocidad del vehículo.

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

Donde:

$V_c$  = Velocidad de cruceo.

$dr$  = Distancia de recorrido (km).

$t_c$  = Tiempo de circulación (horas).

$t_d$  = Tiempo de demoras (horas).

#### **2.3.2.4 Velocidad directriz**

Llamada también velocidad de diseño o de proyecto, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, todos los elementos geométricos de diseño como alineación horizontal, vertical y transversal, anchos de carriles, etcétera, dependen de esta velocidad.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los futuros volúmenes de tránsito que se va a mover sobre la misma, de las características topografías de la zona, disponibilidad de recursos económicos, etcétera.

#### **2.3.3 Densidad**

Es la capacidad de vehículos que circulan en una vía por unidad de longitud que normalmente se toma en un kilómetro, este parámetro es resultante de los anteriores, es decir de la velocidad y volúmenes de tráfico cuya relación será:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{volumen}}{\text{velocidad}}$$

En estos últimos años la densidad se la determina o se la mide con la ayuda de algunos instrumentos de video que nos permite enfocar longitudes donde se puede contabilizar el número de vehículos que se encuentran en el tramo determinado.

### **2.3.4 Capacidad**

Se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos (peatones) que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalcientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

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

La capacidad vehicular se determina con el propósito de comparar con el volumen de tráfico que circula por una calle o carretera y establecer un análisis que permita definir la calidad de la circulación; esa calidad de circulación en la ingeniería de tráfico se ha realizado a través de niveles de servicio.

Todo estudio y análisis que se hace sobre los valores de los parámetros de tráfico es para conseguir un equilibrio entre los elementos de tráfico.

## **2.4 SEÑALIZACIÓN**

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.

### **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:

Reducir el número de accidentes.

Mejorar la seguridad del usuario.

Dar mayor comodidad al usuario.

### **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

#### **2.4.1 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 se comprenden de 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 se debe respetar 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.

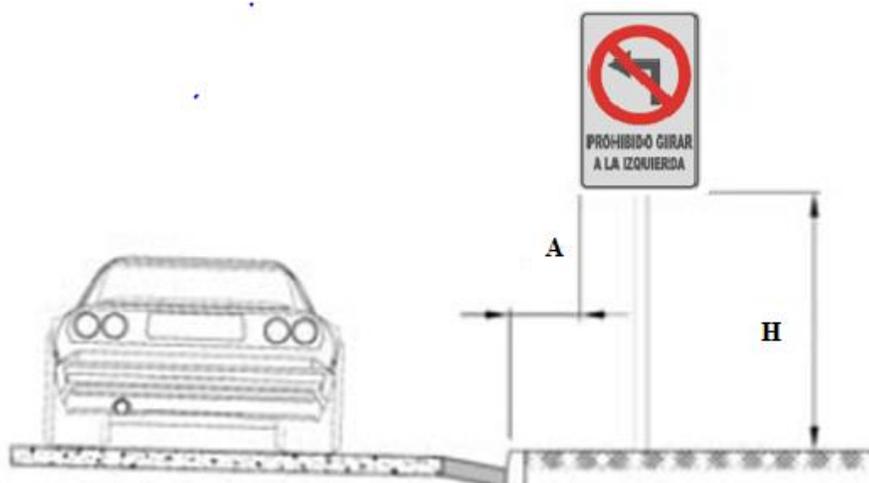
**Tabla 2.1 Distancia mínima de separación entre señales**

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

**Fuente:** Manual de dispositivos de control de 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 2.1 Ubicación transversal de señales verticales**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Tabla 2.2 Ubicación transversal de señales verticales distancia y altura**

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

**Fuente:** Manual de dispositivos de control de 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 de clasifican en:

- Señales preventivas
- Señales reglamentarias
- Señales informativas

#### **2.4.1.1 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 no incurrir 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 y 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 2.2 Señales preventivas**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### 2.4.1.2 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 blanca.

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 2.3 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).

### **2.4.1.3 Señales informativas**

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

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, 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)
- Otras (IO)
- Informativas de control (ICO)
- Tamaño especial (IT(E)- IS(E))

**Figura 2.4 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 señala 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.

## **2.4.2 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 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.

### **2.4.2.1 Según la altura**

Planas

Elevadas

#### **Planas**

Son señales 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.

### **2.4.2.2 Según su forma**

Líneas longitudinales

Líneas trasversales

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 trasversales**

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

Líneas sendas

Líneas de sendas cruce peatonal tipo cebra

Líneas de sendas cruce peatonal semaforizado

## Líneas de sendas cruce ciclista para ciclo vías

### **Símbolos y leyendas**

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

### **Otras demarcaciones**

Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las agrupaciones anteriores; este tipo de demarcaciones se agrupa en un grupo denominado composiciones.

### **2.4.2.3 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 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.

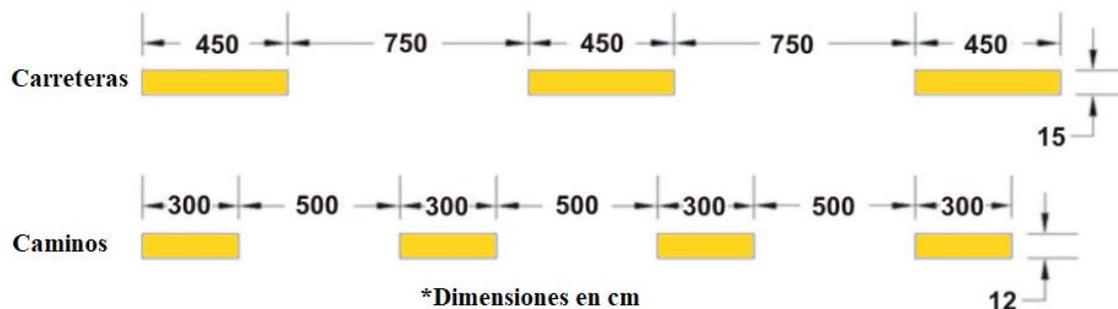
Dada la importancia de esta línea en la seguridad de tránsito, estas deberían encontrarse siempre presentes en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m. en calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

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 en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

**Figura 2.6 Diseño de líneas discontinuas**

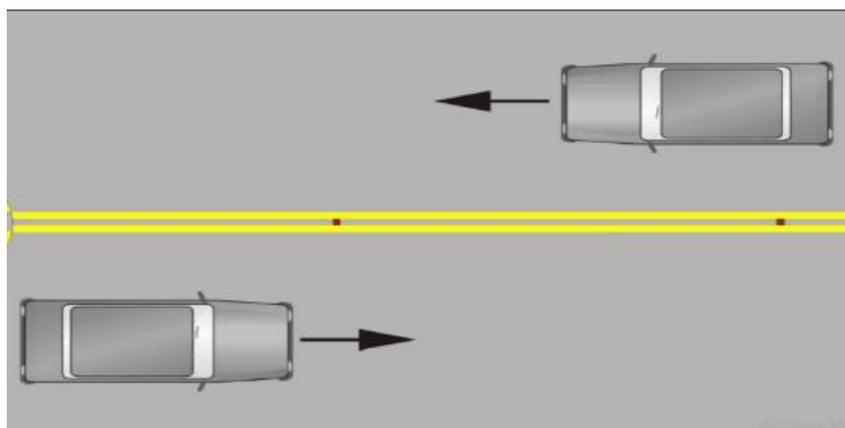


**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Línea doble amarilla continua

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

**Figura 2.7 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 en donde sí es permitida la maniobra de adelantamiento.

### Línea blanca continua

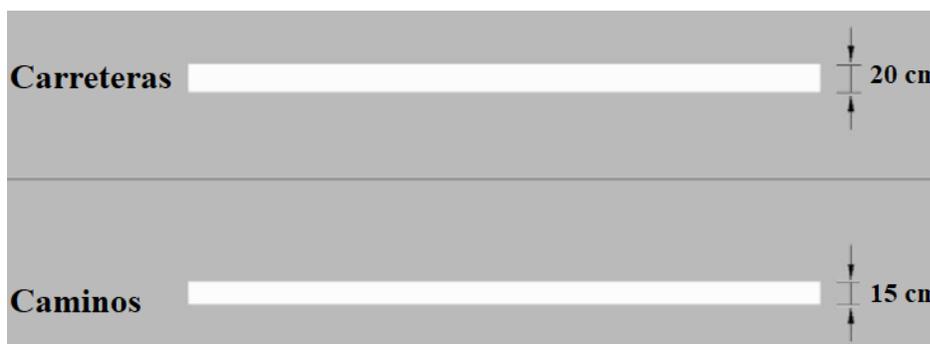
Como se ha indicado anteriormente, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesar ni circular sobre ella. Las líneas continuas se utilizan para:

- 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.

- Demarcar el borde derecho de la calzada.

**Figura 2.8 Dimensiones de demarcación continua**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

#### 2.4.2.4 Líneas transversales

Estas pueden ser de dos tipos:

Líneas de detección

Líneas de cruce

#### Líneas de detención

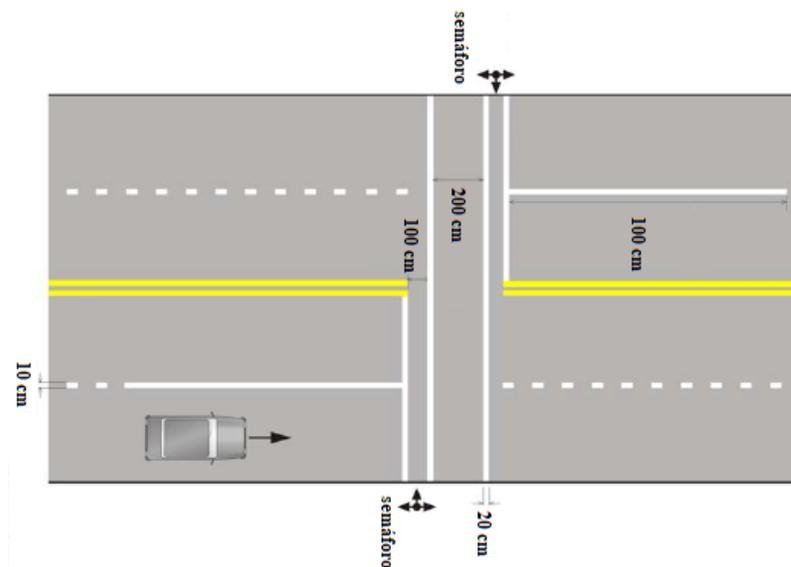
Estas líneas indican el lugar, ante el cual los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse.

#### 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 2.9 Demarcación de cruce peatonal regulado por semáforo**



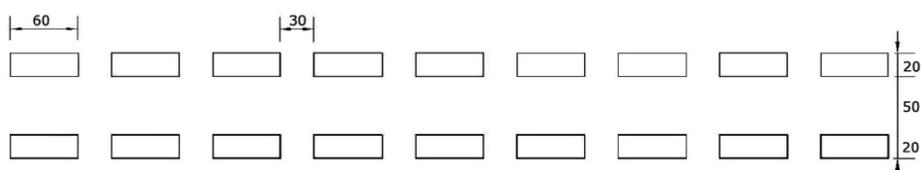
**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## Señal ceda el paso

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

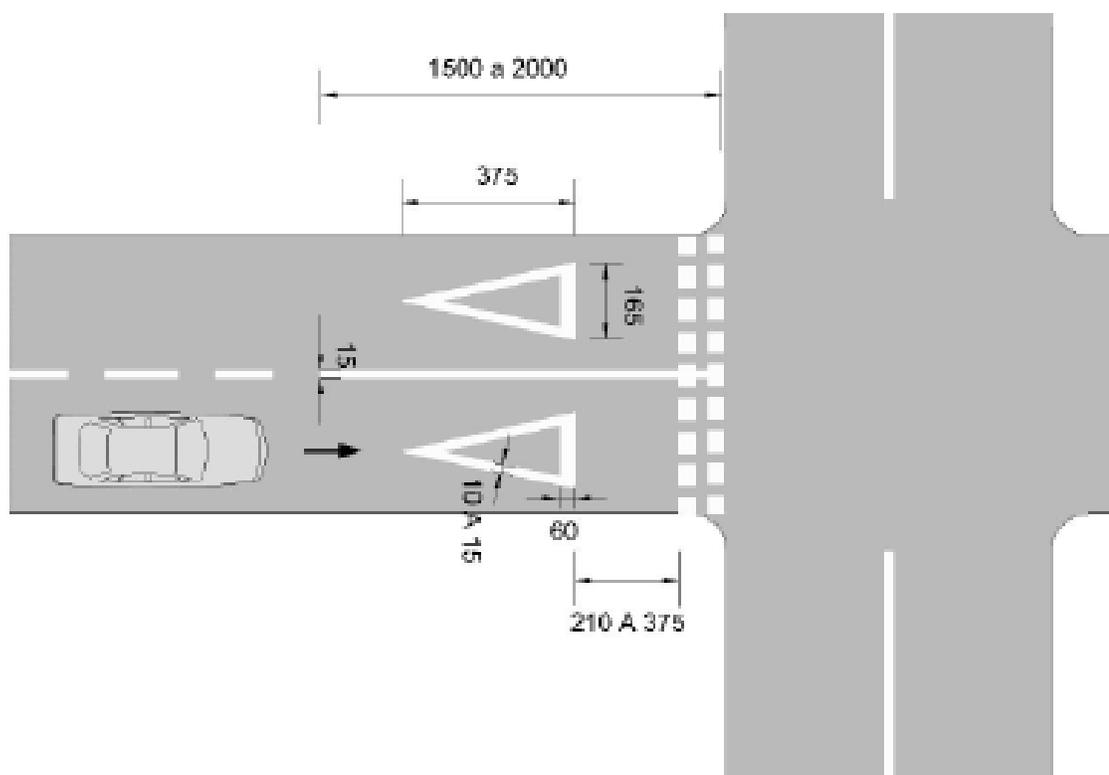
Indican al conductor que deben detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

**Figura 2.10 Líneas de detención ceda el paso**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Figura 2.11 Demarcación en cruce ceda el paso**



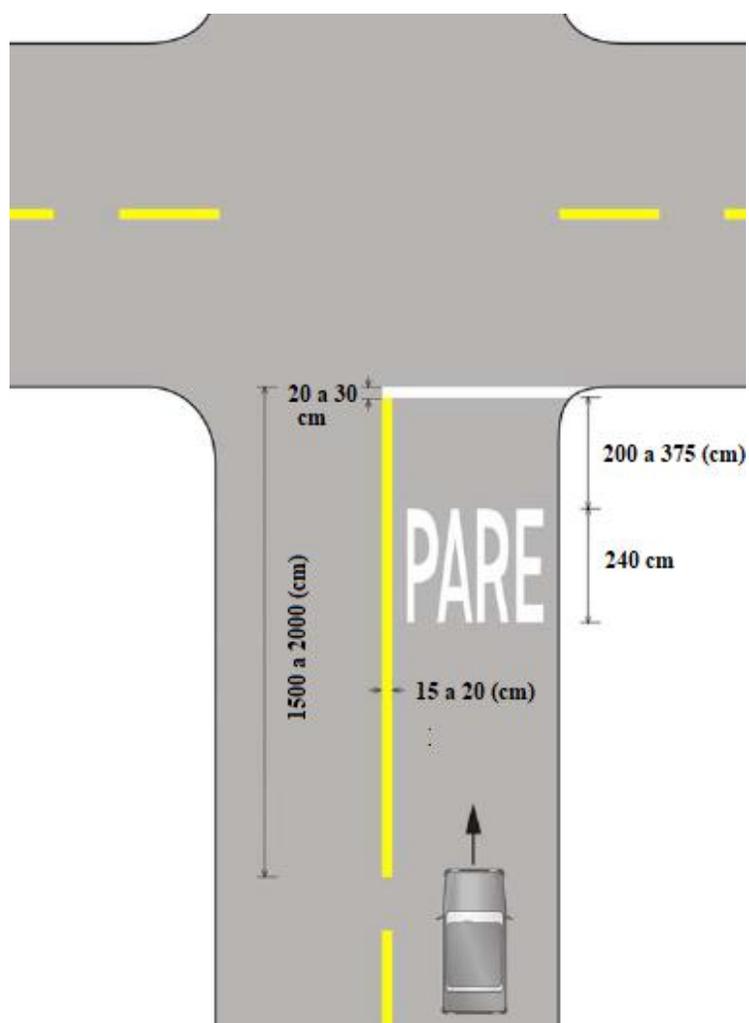
**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Cruce controlado por señal pare

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

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

**Figura 2.12 Señalización horizontal en cruce reglado con la señal pare**



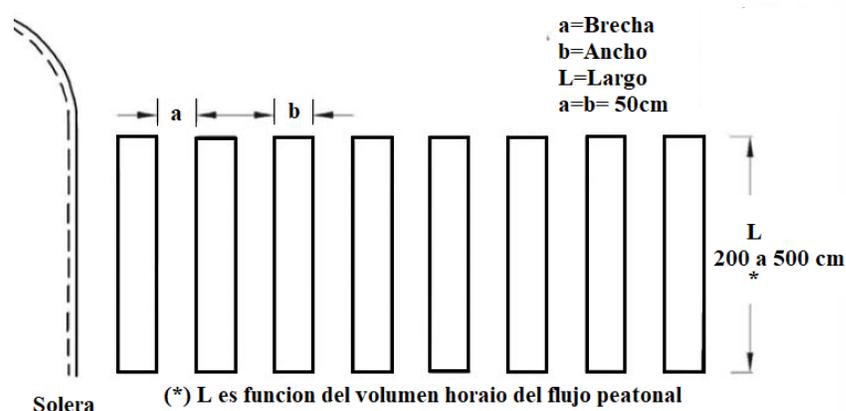
**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## Líneas de cruce

### Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra

Se utilizan para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene el derecho de paso en forma irrestricta. Esta zona se compone de una línea transversal segmentada, en que cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm, y un largo constante que varía entre 2 – 5 m según el volumen del flujo peatonal que solicita el cruce. El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm de esta.

**Figura 2.13 Paso peatonal tipo cebra**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

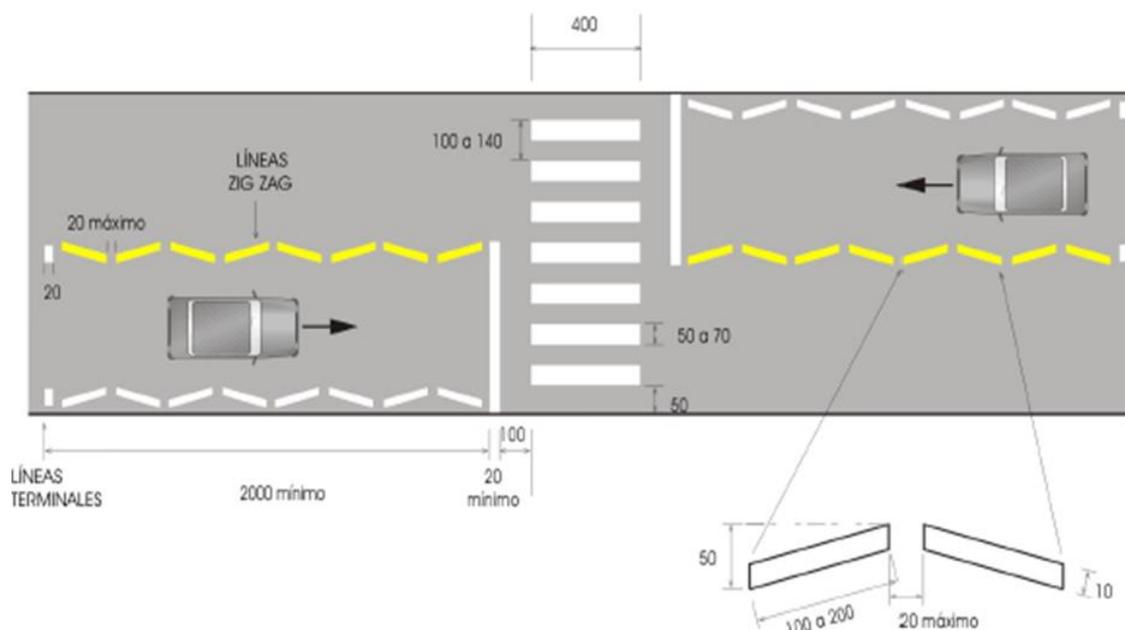
El ancho de la senda es en función al flujo peatonal, de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 2.3 Ancho de senda peatonal**

Flujo peatonal (peatones/h)	Ancho mínimo (m)
Menor o igual a 500	2
501 a 750	2,5
751 a 1000	3
1001 a 1250	3,5
1251 a 1500	4
1501 a 1750	4,5
Mayor a 1750	5

**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Figura 2.14 Señalización en cruce peatonal tipo paso de cebra**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Además, en la proximidad de esta demarcación, se debe complementar con la señal vertical proximidad de paso de cebra u otras señales que refuercen el mensaje al conductor.

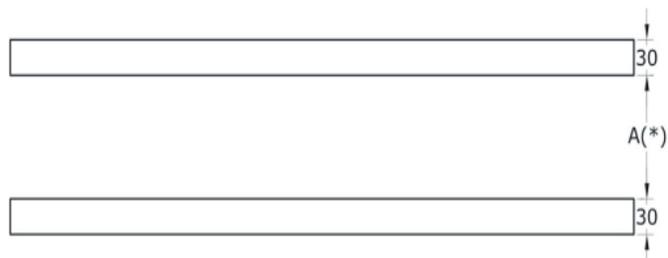
### **Líneas para cruce de peatonal semaforizado**

Delimitan el sector de la calzada empleado por los peatones, para realizar el atravesado en cruces regulado por semáforo.

La demarcación está conformada por dos líneas paralelas de color blanco, cuyo ancho es de 30 cm y 50 cm. la línea de detención deberá ubicarse entre 1 metro de la línea transversal más próxima que delimita la senda de cruce.

El ancho A de la senda peatonal será de 2 m como mínimo. Para flujos peatonales mayores a 500 peatones por hora, al ancho del paso peatonal, deberá ser aumentado en 0.5 metros por cada 250 peatones por hora, con un máximo de 5 metros.

**Figura 2.15 Dimensiones demarcación cruce peatonal semaforizado**



**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 se clasifican en:

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 advertencia, inicio, línea de eje central continua

Flecha de incorporación a pistas de tránsito exclusivo

Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento

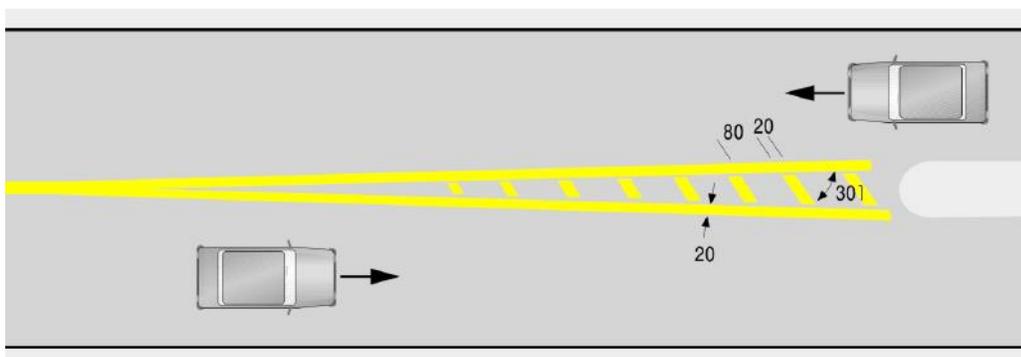
## Otras demarcaciones

### 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 2.16 Demarcación tipo achurado**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Resaltos

Son reductores de velocidad como son estos 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 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.

En cruces o vías para proteger el flujo peatonal.

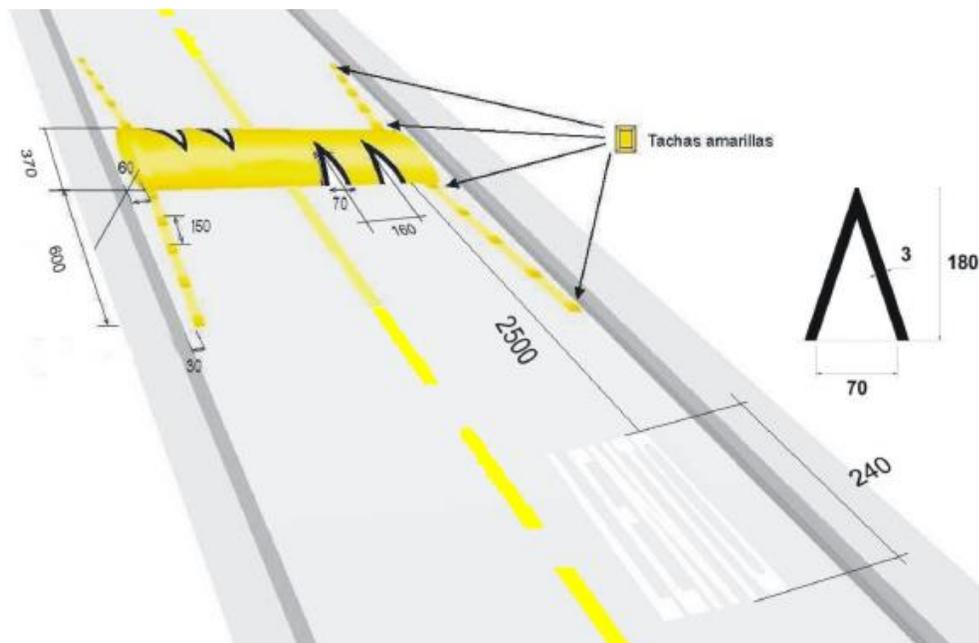
Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respeten la velocidad.

Zonas de escuelas y plazas de juegos infantiles.

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

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

**Figura 2.17 Resalto**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## 2.5 SEMAFORIZACIÓN

### 2.5.1 Semáforos

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 color 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.

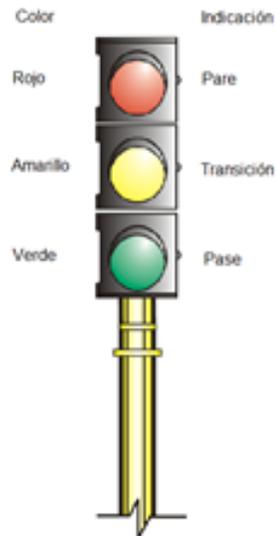
#### Función de los colores

Rojo (luz superior)

Amarillo (luz central)

Verde (luz inferior)

**Figura 2.18 Función de los colores de los semáforos**



**Fuente:** Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

El color rojo significa que el tránsito que se encuentra 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 está prendido durante unos segundos de transición entre la luz verde y roja.

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

### **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 permitan 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 brindarán 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.
- Lograr una orden de 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

#### **2.5.2 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 en 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.

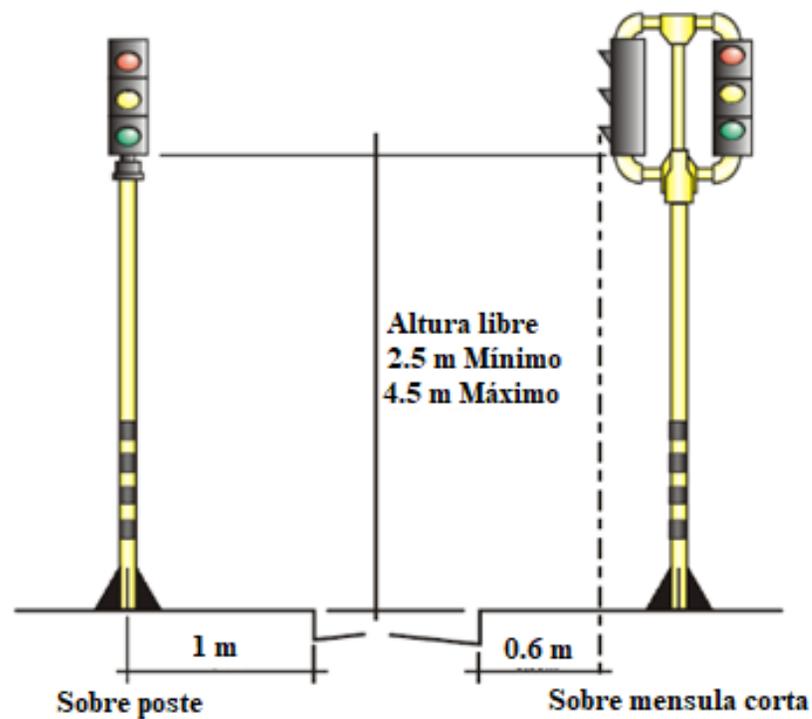
Por encima y dentro de la vía de tránsito:

Postes o pedestales en islas.

Brazos largos que se extienden se los postes dentro de la vía.

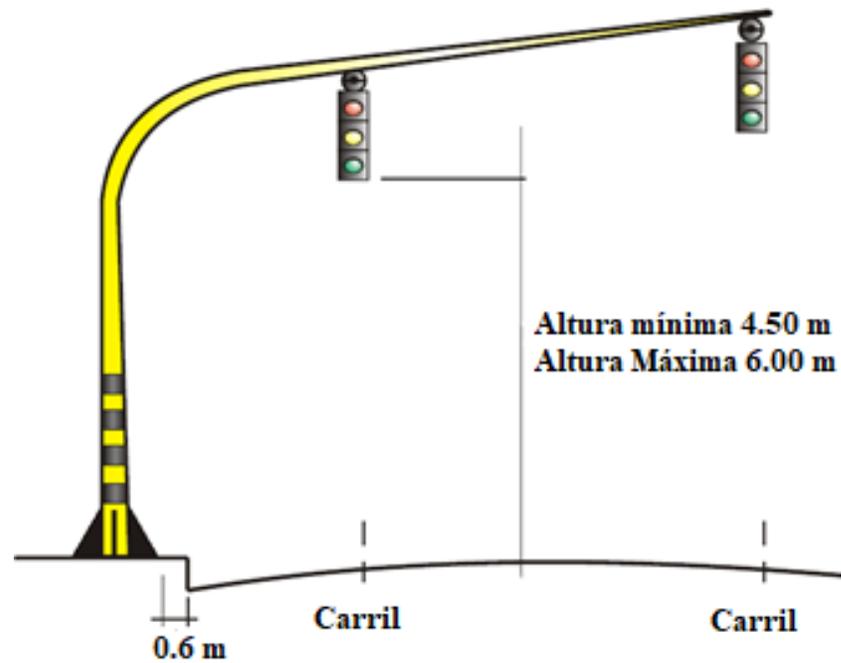
Suspendidos mediante cables.

**Figura 2.19 Semáforos montados en postes**



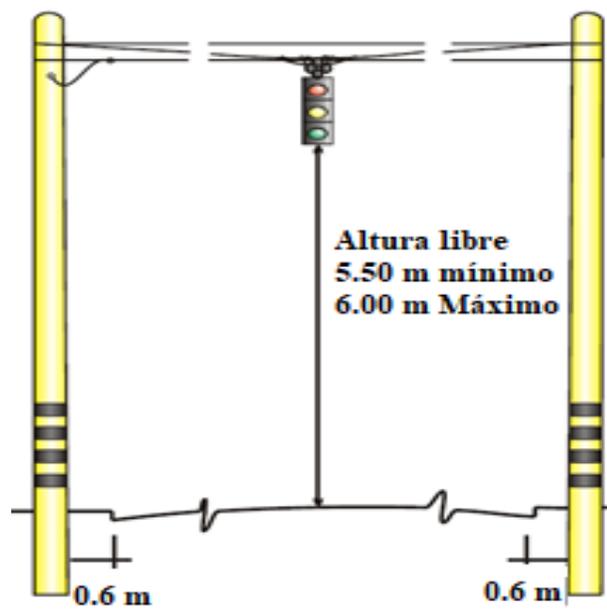
**Fuente:** Ingeniería de tráfico "Ronald Johnson"

Figura 2.20 Semáforos montados en ménsula larga



Fuente: Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

Figura 2.21 Semáforos suspendidos por cables



Fuente: Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

### 2.5.3 Semáforos para peatones

Los semáforos para peatones se instalan generalmente en la acera opuesta con su parte inferior a no menos de 2 metros ni más de 3 metros, sobre el nivel de la acera, de tal manera que la indicación quede en la visual del peatón que tiene que ser guiado por dicha señal.

Cada semáforo para peatones puede montarse separadamente o en el mismo soporte de los semáforos para el control del tránsito de los vehículos, debiendo existir una separación física entre ellos.

La cara del semáforo se deberá colocar verticalmente frente a la circulación de los peatones.

Las lentes de los semáforos peatonales pueden tener forma circular o cuadrada como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 2.22 Semáforos peatonales**



**Fuente:** Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

#### **Significado de las indicaciones de los semáforos peatonales**

La interpretación de las indicaciones de los semáforos para peatones será la siguiente:

Si la indicación será iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá atravesar la calle en dirección a la señal, mientras esta se encuentre encendida.

Si la indicación de libre pase iluminada en color verde fijo significa que los peatones que se encuentran frente al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del mismo.

Cuando la luz verde está intermitente significa que un peatón no deberá empezar a cruzar la calle en dirección de la señal, porque la luz indica que va a cambiar a la indicación pare, los peatones que hayan iniciado su cruce durante la indicación fija deberá acelerar la marcha y seguir hasta la acera o la isla de seguridad.

#### 2.5.4 Condiciones para la instalación de semáforos

##### Volúmenes vehiculares requeridos

Este requisito se basa en los flujos vehiculares que usan la intersección y supone que es posible identificar una arteria principal y una secundaria. Los flujos se miden en vehículos por hora.

**Tabla 2.4 Condición 1 Volumen vehicular requerido**

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículo por hora en la calle principal (total en ambos accesos)		Vehículo por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	500	350	150	105
2 o más	1	600	420	150	105
2 o más	2 o más	600	420	200	140
1	2 o más	500	350	200	140

**Fuente:** Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.  
(Establecida por AASTHO)

##### Demoras en el tránsito

Si el tránsito de la arteria secundaria no alcanza los valores de la anterior tabla, pero los volúmenes de la arteria principal son elevados, es dable esperar que el tránsito de la vía secundaria sufra retardos excesivos o cruce en condiciones de seguridad no apropiadas.

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

**Tabla 2.5 Condición 2 Demoras en el tránsito**

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos sentidos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria. (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	750	525	75	53
2 o más	1	900	630	75	53
2 o más	2 o más	900	630	100	70
1	2 o más	750	525	100	70

**Fuente:** Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.  
(Establecida por AASTHO)

### Volumen mínimo de peatones

Es recomendable la instalación de semáforos que exceda los valores mostrados en la siguiente tabla durante ocho horas consecutivas de un promedio.

**Tabla 2.6 Condición 3 Volumen mínimo de peatones**

Tipo de intersección	Total, vehículo/hora ambos sentidos		Total, peatón/hora	Periodo mantenimiento de demanda (hora)
	Calzada no dividida	Calzada dividida conteo central >1,2m		
Fuera de áreas escolares	600	1000	150	8
corresponde a áreas escolares	800		250	2

**Fuente:** Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.  
(Establecida por AASTHO)

Se considera que en cruces en inmediaciones de escuelas los alumnos no corresponden adecuadamente a las indicaciones de los semáforos, debiéndose controlar el tráfico peatonal hasta donde sea posible.

Se deben instalar semáforos cuando se exceden los valores correspondientes a la tabla anterior.

Cuando la velocidad de 85% de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 km/h o cuando la intersección se encuentre en poblaciones menores de 10000 habitantes, la condición de valores mínimos corresponde al 70% de los consignados en la tabla anterior.

### **Sistema coordinado de semáforos**

Un sistema coordinado de semáforos requiere, en ciertas circunstancias, la instalación de semáforos en algunas intersecciones que no cubran las condiciones anteriores.

La condición de movimiento coordinado exige que:

En un sistema coordinado 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 de control de pelotón y velocidad, deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un eficiente funcionamiento del sistema.

### **Prevención de accidentes**

Generalmente se estima que los semáforos no reducen apreciablemente las tasas de accidentes, es más, a veces se presentan mayor número de accidentes en intersecciones semaforizadas que antes de su instalación.

No obstante, se considera conveniente instalar semáforos si se estima que la operación vehicular así controlada aumentara la seguridad, disminuyendo fehacientemente los accidentes.

Para cumplir con la condición de prevención de accidentes es necesario que se verifiquen la totalidad de los siguientes eventos:

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

Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.

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

### **Combinación de condiciones**

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

Se debe destacar que cuando se instalan semáforos sin cumplir las exigencias establecidas es dable esperar que disminuya la eficiencia operativa de los vehículos e incluso aumente la tasa de accidentes.

Todas estas normas están basadas en el empleo de semáforos de tiempo predeterminado, los semáforos activos por el tránsito pueden justificarse con menores volúmenes.

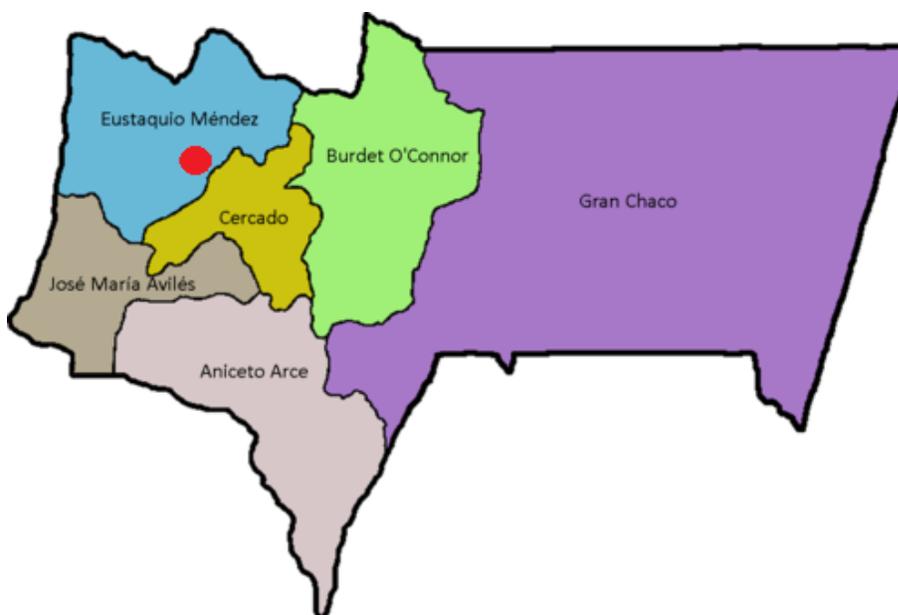
Es conveniente que una instalación semafórica de tiempo predeterminado sea desactivada en los periodos de bajos volúmenes de tránsito (siempre que estos se mantengan en periodos de tiempo apreciables) y opere entonces con luces intermitentes de precaución.

### CAPÍTULO III

#### APLICACIÓN PRÁCTICA

##### 5.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Figura 3.1 Ubicación de la zona de estudio



**Fuete:** Google mapas

Este estudio está ubicado en San Lorenzo primera sección de la provincia Méndez del departamento de Tarija- Bolivia.

El área de estudio está delimitada al norte con la calle 1° de mayo, al sur con la intersección Rosendo Antelo - Julio Sucre, al este con la calle Rosendo Antelo y Gilberto Silvetty, al oeste con la intersección de las calles Oscar Alfaro – Aniceto Arce.

En su zona central se encuentra su plaza principal Cnel. Eustaquio Méndez Arenas, en su colindancia se encuentra el colegio Nacional mixto Julio Sucre, a su posterioridad el banco FIE, la Alcaldía Municipal, la parroquia de San Lorenzo, la parada de trufis, parada de taxis, el mercado central, la iglesia, el banco Unión, cerca de la misma se encuentra la sub gobernación, en sus inmediaciones también se encuentra el kínder Luisa Zilvetty y la escuela primaria Cnel. Eustaquio Méndez.

## 5.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Figura 3.2 Delimitación de la zona de estudio



Fuete: Google Earth

## 5.3 RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

Se procede a la realización de levantamiento de datos, como primer paso se procede a determinar el horario pico, posteriormente el aforo de volúmenes el cual se explica a continuación.

También se realizó un registro de señales, tanto horizontales como verticales, para determinar las señales necesarias para la zona de estudio.

## 5.4 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

### 5.4.1 Determinación del horario pico

Para la obtención de los horarios pico para este estudio, se prosiguió al aforo vehicular por un día desde las horas 06:00 a 20:00 consecutivas en la zona más crítica,

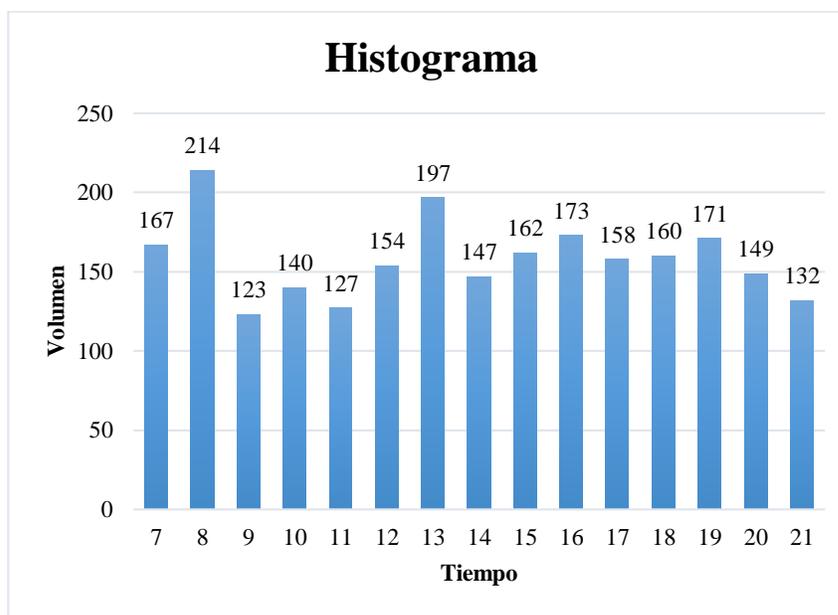
posteriormente con los registros se determinó los horarios pico, cuyos resultados de horarios pico fueron de 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00 respectivamente.

**Tabla 3.1 Datos para determinar horario pico**

Tiempo (horas)		Volumen (vehículos)
6	7	167
7	8	214
8	9	123
9	10	140
10	11	127
11	12	154
12	13	197
13	14	147
14	15	162
15	16	173
16	17	158
17	18	160
18	19	171
19	20	149
20	21	132

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.3 Histograma de horario pico**



**Fuente:** Elaboración propia

### Lugar de aforos

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

**Figura 3.4 Intersecciones de la zona de estudio**



**Fuente:** Google earth

**Tabla 3.2 Nombre de las intersecciones**

Nº	Nombre de intersección
1	Rosendo Antelo - Julio Sucre
2	Rosendo Antelo - Cristo Rey
3	Rosendo Antelo - Luisa Silvetty
4	Rosendo Antelo - Lino Morales
5	Rosendo Antelo - Wilma Guerrero
6	Rosendo Antelo - René Ponce
7	Rosendo Antelo - Fredy Antelo
8	Rosendo Antelo - Pascua Florida
9	Rosendo Antelo - Rodolfo Ávila
10	Gilberto Silvetty - Gabriel Lunda
11	Gilberto Silvetty - Florida
12	Gilberto Silvetty - 1º de Mayo
13	Julio Sucre - Mariscal Santa Cruz
14	Julio Sucre - Cristo Rey
15	Julio Sucre - Litoral
16	Julio Sucre - Luisa Silvetty
17	Julio Sucre - Avelino Castillo
18	Julio Sucre - Lino Morales
19	Julio Sucre - Wilma Guerrero
20	Julio Sucre - Mario Antelo Pacheco
21	Rodolfo Ávila - René Ponce
22	Rodolfo Ávila - Fredy Antelo
23	Rodolfo Ávila- Teófilo Vaca Dols
24	Rodolfo Ávila - Pascua Florida
25	Rodolfo Ávila - SN
26	Gabriel Lunda - Avaroa
27	Gabriel Lunda - Simón Bolívar
28	Gabriel Lunda - Florida
29	Gabriel Lunda - 1º de Mayo
30	Lino Morales - Avelino Castillo
31	Lino Morales - Julián Muñoz
32	Teófilo Vaca Dols - Avaroa
33	Teófilo Vaca Dols - Mario Antelo Pacheco
34	Teófilo Vaca Dols - Matilde Rojas
35	Teófilo Vaca Dols - Julián Muñoz
36	Teófilo Vaca Dols - Segundino Ugarte
37	Oscar Alfaro - Teófilo Vaca Dols
38	Oscar Alfaro - Justo Ávila
39	Oscar Alfaro - Aniceto Arce

**Fuente:** Elaboración propia

#### 5.4.2 Aforo 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 un mes, 3 días a la semana de los cuales 2 días hábiles y 1 día inhábil.

**Figura 3.5 Intersección 18**



**Fuente:** Elaboración propia

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° 18 (Julio Sucre - Lino Morales), la cual cuenta con tres accesos; se detalla los datos obtenidos por cada acceso por cada horario pico aforado.

**Figura 3.6 Accesos de la intersección 18**



**Fuente:** Elaboración propia

### Datos peatonales

**Tabla 3.3 Datos de volumen vehicular primera semana**

		Primera semana		
		Primer día hábil	Segundo día hábil	Día no hábil
Acceso 1	7:00-8:00	261	220	172
	12:00-13:00	188	229	152
	18:00-19:00	172	198	148
Acceso 2	7:00-8:00	31	40	15
	12:00-13:00	38	31	17
	18:00-19:00	41	27	26
Acceso 3	7:00-8:00	48	28	7
	12:00-13:00	36	29	20
	18:00-19:00	19	20	23

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.4 Datos de volumen vehicular segunda semana**

		Segunda semana		
		Primer día hábil	Segundo día hábil	Día no hábil
Acceso 1	7:00-8:00	253	213	195
	12:00-13:00	175	196	109
	18:00-19:00	159	184	148
Acceso 2	7:00-8:00	35	28	12
	12:00-13:00	27	32	12
	18:00-19:00	50	35	21
Acceso 3	7:00-8:00	34	42	10
	12:00-13:00	22	19	25
	18:00-19:00	19	26	20

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.5 Datos de volumen vehicular de la tercera semana**

		Tercera semana		
		Primer día hábil	Segundo día hábil	Día no hábil
Acceso 1	7:00-8:00	225	248	189
	12:00-13:00	209	186	209
	18:00-19:00	185	190	152
Acceso 2	7:00-8:00	31	31	16
	12:00-13:00	26	39	18
	18:00-19:00	30	36	26
Acceso 3	7:00-8:00	19	34	27
	12:00-13:00	25	29	20
	18:00-19:00	33	23	23

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.6 Datos de volumen vehicular de la cuarta semana**

		Cuarta semana		
		Primer día hábil	Segundo día hábil	Día no hábil
Acceso 1	7:00-8:00	242	220	192
	12:00-13:00	217	199	179
	18:00-19:00	188	197	151
Acceso 2	7:00-8:00	41	29	32
	12:00-13:00	28	38	15
	18:00-19:00	34	41	32
Acceso 3	7:00-8:00	43	30	35
	12:00-13:00	20	26	26
	18:00-19:00	22	29	22

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.3 Aforo de volumen peatonal

El procedimiento de aforo peatonal consta en el conteo de personas que cruzan las diferentes intersecciones, el procedimiento de este aforo es similar al aforo vehicular, se aforó durante una hora 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 un mes, 3 días a la semana de los cuales 2 días hábiles y 1 día inhábil.

**Figura 3.7 Aforo peatonal**

**Fuente:** Elaboración propia

Para entender de mejor manera se muestra con un ejemplo de datos de volúmenes peatonales obtenidos, mostrando en las siguientes tablas de aforos de la Intersección N° 18 (Julio Sucre - Lino Morales), la cual cuenta con tres accesos, se detalla los datos obtenidos por cada acceso por cada horario pico aforado.

### Datos peatonales

**Tabla 3.7 Datos peatonales**

Acceso	Hora	Primera semana			Segunda semana			Tercera semana			Cuarta semana		
		Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil
I	7:00-8:00	25	47	16	65	23	19	50	36	13	24	23	13
	12:00-13:00	26	37	13	25	23	15	51	37	17	33	21	17
	18:00-19:00	14	7	12	18	13	15	10	12	9	10	5	10
II	7:00-8:00	23	19	15	8	11	12	19	14	11	13	17	11
	12:00-13:00	14	15	11	9	14	15	12	18	15	12	12	15
	18:00-19:00	15	7	3	14	3	20	9	12	12	4	8	12
III	7:00-8:00	55	89	12	84	94	12	93	72	37	96	71	34
	12:00-13:00	47	59	7	82	100	11	98	63	43	66	75	39
	18:00-19:00	64	29	7	30	37	7	35	23	8	32	27	7

**Fuente:** Elaboración propia

## 5.5 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS AFORADOS

Se realizó un procesamiento de los datos aforados de los volúmenes vehiculares como de los volúmenes peatonales de las intersecciones, calculando la media, desviación estándar para determinar rangos permitidos y de esta manera depurar aquellos datos que no

correspondan, posteriormente se vuelve a calcular la media, la cual será el resultado final con los que se trabajarán para la determinación de resultados finales.

### 5.5.1 Procesamiento de volúmenes vehiculares

**Tabla 3.8 Procesamiento de datos de volúmenes vehiculares**

Semana	Día	Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
Semana 1	Día hábil	261	188	172	31	38	41	48	36	19
	Día hábil	220	229	198	40	31	27	28	29	33
	Día inhábil	172	152	148	15	17	26	14	20	28
Semana 2	Día hábil	253	175	159	35	27	50	34	30	19
	Día hábil	213	196	184	28	32	35	42	22	26
	Día inhábil	195	109	148	12	12	21	10	30	18
Semana 3	Día hábil	225	209	185	31	26	30	19	25	33
	Día hábil	248	186	190	31	39	36	34	32	27
	Día inhábil	189	209	152	16	18	26	27	19	21
Semana 4	Día hábil	242	217	188	41	28	34	43	30	28
	Día hábil	220	199	197	29	38	41	30	28	22
	Día inhábil	192	179	151	32	15	32	35	39	32

Media	219	187	173	28	27	33	30	28	26
Desviación	28	32	20	9	9	8	12	6	6
Rango	247	219	193	38	36	41	42	34	31
	191	155	153	19	17	25	19	22	20

Media	215	195	180	31	27	31	31	29	25
Media total	197			30			29		

**Fuente:** Elaboración propia

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

Se procede a la depuración de datos alejados los cuales se muestran en la tabla, dichos valores están resaltados con color rojo. Una vez depurados se procede a realizar un nuevo cálculo para la obtención de la media de cada acceso, con estos valores se calcula la media de cada uno de los accesos.

Para las demás intersecciones se realiza el mismo procedimiento. En anexos se añaden el resumen de datos y resultados de aforos para todas las intersecciones estudiadas.

## 5.5.2 Procesamiento de volúmenes peatonales

**Tabla 3.9 Procesamiento de volúmenes peatonales**

Acceso	Hora	Primera semana			Segunda semana			Tercera semana			Cuarta semana		
		Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil	Día hábil	Día hábil	Día no hábil
I	7:00-8:00	25	47	16	65	23	19	50	36	13	24	23	13
	12:00-13:00	26	37	13	25	23	15	51	37	17	33	21	17
	18:00-19:00	14	7	12	18	13	15	10	12	9	10	5	10
II	7:00-8:00	23	19	15	8	11	12	19	14	11	13	17	11
	12:00-13:00	14	15	11	9	14	15	12	18	15	12	12	15
	18:00-19:00	15	7	3	14	3	20	9	12	12	4	8	12
III	7:00-8:00	55	89	12	84	94	12	93	72	37	96	71	34
	12:00-13:00	47	59	7	82	100	11	98	63	43	66	75	39
	18:00-19:00	64	29	7	30	37	7	35	23	8	32	27	7

Acceso	Hora	Media	Des.	Rango		Media	Media total
I	7:00-8:00	30	17	46	13	24	21
	12:00-13:00	26	11	38	15	26	
	18:00-19:00	11	4	15	8	12	
II	7:00-8:00	14	4	19	10	14	13
	12:00-13:00	14	2	16	11	14	
	18:00-19:00	10	5	15	5	11	
III	7:00-8:00	62	32	94	31	70	53
	12:00-13:00	58	30	87	28	59	
	18:00-19:00	26	17	42	9	30	

**Fuente:** Elaboración propia

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

Se procede a la depuración de datos. Una vez depurados se procede a realizar un nuevo cálculo para la obtención de la media de cada acceso, con estos valores se calcula la media de cada uno de los accesos.

## 5.6 RESUMEN DE RESULTADOS

Como ya se mencionó anteriormente el procesamiento de datos de volumen vehicular, como así también de peatones, ahora se presentan de forma resumida los resultados de aforos realizados.

### 5.6.1 Resumen resultados volúmenes vehiculares

En la siguiente tabla se muestra los resultados totales de volúmenes vehiculares intersección con sus respectivos accesos.

**Tabla 3. 10 Resultados de volúmenes vehiculares**

Inter.	Volumen			Inter.	Volumen		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Nº1	170	199	-	Nº20	192	13	-
Nº2	186	2	-	Nº21	229	-	-
Nº3	163	10	-	Nº22	159	51	-
Nº 4	183	35	-	Nº23	159	25	-
Nº 5	189	2	-	Nº24	145	14	-
Nº 6	181	45	-	Nº25	149	3	-
Nº 7	180	-	-	Nº26	154	8	-
Nº 8	129	-	-	Nº27	135	7	24
Nº 9	148	144	-	Nº28	105	19	64
Nº10	139	156	-	Nº29	126	24	-
Nº11	92	3	11	Nº30	124	78	-
Nº12	60	3	1	Nº31	30	4	-
Nº13	190	6	-	Nº32	42	6	-
Nº14	189	0	-	Nº33	65	8	-
Nº15	192	3	-	Nº34	73	10	-
Nº16	187	11	-	Nº35	77	2	-
Nº17	182	1	-	Nº36	82	13	-
Nº18	197	30	29	Nº37	88	8	-
Nº19	193	3		Nº38	96	18	-
				Nº39	114	12	-

**Fuente:** Elaboración propia

## 5.6.2 Resumen volúmenes peatonales

**Tabla 3.11 Resultados volúmenes peatonales**

I.	Volumen			I.	Volumen		
	I	II	III		I	II	III
Nº1	13	17	-	Nº20	7	69	53
Nº2	0	20	-	Nº21	224	50	191
Nº3	3	26	-	Nº22	17	47	148
Nº4	7	38	-	Nº23	38	41	137
Nº5	15	53	-	Nº24	49	15	-
Nº6	40	119	89	Nº25	30	0	-
Nº7	136	118	249	Nº26	130	0	-
Nº8	135	22	15	Nº27	76	2	-
Nº9	123	35	-	Nº28	84	1	-
Nº10	125	26	-	Nº29	70	2	-
Nº11	39	5	-	Nº30	0	47	-
Nº12	29	10	-	Nº31	0	45	-
Nº13	24	8	-	Nº32	9	70	-
Nº14	27	5	-	Nº33	50	5	-
Nº15	36	2	-	Nº34	61	10	-
Nº16	48	8	-	Nº35	46	5	-
Nº17	50	5	-	Nº36	42	0	-
Nº18	21	13	53	Nº37	38	11	-
Nº19	301	47	363	Nº38	6	43	-
				Nº39	0	31	-

**Fuente:** Elaboración propia

## 5.7 REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

La siguiente tabla muestra los registros de accidentes de tránsito, los datos fueron obtenidos de la unidad de tránsito de la provincia Méndez, que son necesarios para analizar una de las condiciones que se deben cumplir para justificar la instalación de semáforos.

Tabla 3.12 Datos de accidentes de tránsito

<b>Tipo de accidentes</b>							
<b>Gestión 2018</b>	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	<b>Total</b>
Colisiones	1	0	0	3	0	2	6
Atropellos	0	1	0	2	0	0	3
Choques a objetos fijos	2	0	0	0	0	0	2
Choques a vehículos estacionados	0	1	0	0	0	1	2
Vuelcos	0	0	0	0	0	0	0
Embarrancamientos	0	0	0	0	0	0	0
Caída de pasajero	0	0	0	0	0	0	0
Caída de Motocicletas	3	0	1	2	0	1	7
Incendio de vehículos	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	6	2	1	7	0	4	20
<b>Causas de accidente</b>							
<b>Gestión 2018</b>	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	<b>Total</b>
Embriaguez	0	1	0	3	0	0	4
Falla mecánica	0	0	0	1	0	0	1
Imprudencia del conductor	2	0	0	1	0	3	6
Imprudencia del peatón	0	0	0	0	0	0	0
Estacionamiento peligroso	0	1	0	0	0	0	1
Exceso de velocidad	3	0	1	2	0	0	6
Mala maniobra	1	0	0	0	0	0	1
Cruzar peligrosamente	0	0	0	0	0	1	1
No cumplir normas de tránsito	0	0	0	0	0	0	0
Encandilamiento	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	6	2	1	7	0	4	20
<b>Tipos de vehículos</b>							
<b>Gestión 2018</b>	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	<b>Total</b>
Automóviles taxis	0	1	0	0	0	0	1
Automóviles particulares	2	0	0	3	0	0	5
Ambulancias	0	0	0	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	2	0	0	2
Camiones	0	0	0	0	0	0	0
Jeeps	0	0	0	0	0	1	1
Ómnibus	0	0	0	0	0	0	0
Minibuses	1	0	0	0	0	0	1
Vagonetas	0	1	0	0	0	1	2
Volquetas	0	0	0	0	0	0	0
Motocicletas	3	0	1	2	0	2	8
Otros	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	6	2	1	7	0	4	20

**Fuente:** Proporcionada por la unidad de tránsito San Lorenzo

**Tabla 3.13 Total accidentes de tránsito**

<b>Damnificados</b>	2015	2016	2017	2018	<b>Total</b>
Heridos	9	6	12	8	35
Fallecidos	1	0	2	0	3
<b>total</b>	10	6	14	8	38

**Fuente:** Proporcionada por la unidad de tránsito San Lorenzo

## 5.8 INVENTARIO DE SEÑALES DE LA ZONA

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

**Tabla 3.14 Inventario de señales verticales**

<b>Señales verticales</b>	
<b>Señales preventivas</b>	
Zona escolar	SP-53
<b>Señales reglamentarias</b>	
Pare	SR-1
Prohibido giro izquierdo	SR-6
Circulación prohibida vehículos de carga	SR-16
Prohibido estacionar (2)	SR-28a
Velocidad máxima permitida (4)	SR-30
Tránsito de un solo sentido (6)	SR-38
Tránsito de ambos sentidos (2)	SR-39
<b>Señales informativas</b>	
De dirección (3)	ID
Parada de transporte público (2)	IO-3

**Fuente:** Elaboración propia

Las señales SR-38, SR-39 y las señales ID que se mencionan no cumplen con lo que indica la norma en cuanto al color, tamaño y colocación.

**Tabla 3.15 Inventario de señales horizontales**

<b>Señales horizontales longitudinales</b>
<b>Líneas de borde de calzada</b>
C/Rosendo Antelo de intersección 1 a 8
C/Fredy Antelo de intersección 7 a 22
C/Rene Ponce de intersección 6 a 21
C/Pascua florida de intersección 8 a 24
C/Rodolfo Ávila de intersección 24 a 22
C/Teófilo Vaca Dols de intersección 32 a 37
C/Oscar Alfaro de intersección 37 a 38
C/Justo Ávila a intersección 38
<b>Líneas de carril</b>
C/Rosendo Antelo de intersección 1 a 8
C/Fredy Antelo de intersección 7 a 22
C/Rene Ponce de intersección 6 a 21
C/Pascua florida de intersección 8 a 24
C/Rodolfo Ávila de intersección 24 a 22
<b>Líneas de eje (una línea continua)</b>
C/Teófilo Vaca Dols de intersección 32 a 37
C/Oscar Alfaro de intersección 37 a 38
C/Justo Ávila a intersección 38
<b>Señales horizontales transversales</b>
<b>Líneas sendas</b>
Sendas peatonales en intersección 6,7,21 y 22
<b>Flechas</b>
Flechas direccionales 20

**Fuente:** Elaboración propia

Las señales de borde de calzada y líneas de eje que acompañan a estas, son de muy escasa visibilidad.

### 5.8.1 Identificación de lugares en la zona de estudio

**Figura 3.8 Zona escolar no señalizada**



**Fuente:** Elaboración propia

En la escuela Cnel. Eustaquio Méndez se puede observar que tiene tres resaltos de los cuales su señalización está deteriorada, tampoco se observa algún tipo de señal de prevención que indica que es un área escolar.

**Figura 3.9 Parada de taxis al lado de la plaza**



**Fuente:** Elaboración propia

Plaza de San Lorenzo, donde se encuentra la parada de taxis, que en sus horarios pico vehículos se estacionan a ambos lados de la calle obstaculizando el libre tránsito.

**Figura 3.10 Horario pico en la zona central**



**Fuente:** Elaboración propia

Plaza de San Lorenzo donde los trufis estacionan en plena plaza central para que los pasajeros puedan subir y bajar, causando tardanzas a los demás circulantes.

**Figura 3.11 Parada de trufis**



**Fuente:** Elaboración propia

Parada de trufis que también se encuentra en inmediaciones de la plaza, en la que en horarios pico se estacionan en toda la cuadra obstaculizando el tránsito vehicular.

**Figura 3.12 Zona escolar sin señalización**

**Fuente:** Elaboración propia

Señalización deteriorada y parada de trufis en las que en horarios pico causan demoras por la cantidad de pasajeros que bajan y suben de los mismos.

**Figura 3.13 Horario pico en zona escolar**

**Fuente:** Elaboración propia

Afuera del Colegio Julio Sucre donde no existe ninguna señal de prevención indicando que es zona escolar, se puede observar sendas peatonales totalmente deterioradas.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE DATOS, CÁLCULOS, DISEÑO Y PRESUPUESTO

#### 9.2 ANÁLISIS DE DATOS

Analizando los datos obtenidos de volúmenes de vehículos y peatonales de las intersecciones estudiadas, como así también los datos de accidentes de tránsito de toda la zona, podemos determinar que estos valores no llegan a cumplir con los requisitos mínimos de las seis condiciones mencionadas en el capítulo II, es por esta razón que la colocación de semáforos no es necesaria para la zona.

En cuanto a las señales, analizando la zona y al inventario realizado de señales, podemos determinar que en la zona existe mucha deficiencia de señales verticales como horizontales; las pocas señales que existen presentan mala ubicación, deterioro, no cumplen con el dimensionamiento, color y diseño de acuerdo a la norma establecida por la ABC.

Con estos datos se propone la implementación de señales horizontales, verticales y la colocación de reductores de velocidad para poder reforzar las zonas más críticas en las cuales se necesita brindar mayor seguridad, como son las zonas escolares.

#### 9.3 CÁLCULO

##### 9.3.1 Ejemplo de cálculo de tiempos y ciclos de semáforos

Como ya se mencionó en el análisis de datos, en la zona no corresponde la colocación de semáforos, pero a continuación se realiza un ejemplo; para los cálculos de tiempo y ciclos se opta por el método en el cual se opera directamente con los volúmenes totales.

Datos:

Se considera los siguientes valores donde:

A= Calle principal y B = Calle secundaria

d = 67,5 m

V=22,25 km/hr

Vol A= 183 veh/hr

Vol B= 35 veh/hr

Tiempo de ciclo, rango (35-120) seg.

Tiempo de ciclo para vías de un solo sentido

$$C = \frac{3,6 * d}{V}$$

$$C = \frac{3,6 * 67,5}{22,25}$$

$$C = 10,8 \approx 11\text{seg}$$

Adoptamos valor mínimo 35 seg.

Tiempo de fase amarilla rango (2-5) seg.

Adoptamos valor de 2 seg.

Ecuaciones:

$$tC = tA + tB + tamA + tamB$$

$$tA + tB = tC - tamA - tamB$$

$$tA + tB = 35 - 2 - 2$$

$$tA + tB = 31$$

$$tA = 31 - tB$$

**Ecu. 1**

$$\frac{VA}{tA} * tamA = \frac{VB}{tB} * tamB$$

Despejando tA

$$tA = tB * \left( \frac{VA}{VB} * \frac{tamA}{tamB} \right)$$

**Ecu. 2**

Reemplazando ecuación 1 en 2

$$31 - tB = tB * \left( \frac{VA}{VB} * \frac{tamA}{tamB} \right)$$

Despejando tB

$$tB = \frac{31}{\left( \frac{VA}{VB} * \frac{tamA}{tamB} \right) + 1}$$

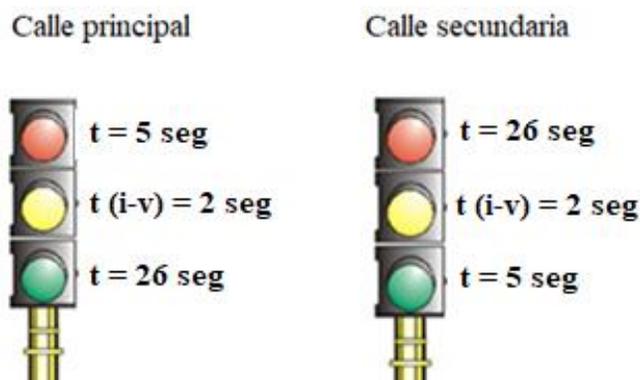
$$t_B = 4,97 \approx 5 \text{ seg}$$

Reemplazado  $t_B$  en ecuación 1

$$t_A = 26 \text{ seg}$$

Los tiempos de las fases serán:

**Figura 4.1** Ejemplo de tiempos de ciclo y fases



**Fuente:** Elaboración propia

## 9.4 DISEÑO

### 9.4.1 Señales a implementar

**Tabla 4.1** Señales horizontales a implementar

<b>Líneas longitudinales</b>
Líneas de eje
Líneas de carril
Líneas de borde de calzada
<b>Líneas transversales</b>
Líneas pare
Líneas cruce peatonal tipo cebra
<b>Flechas</b>
Flecha recta
Flecha de viraje
Flecha recta y de viraje
<b>Otras demarcaciones</b>
Achurados

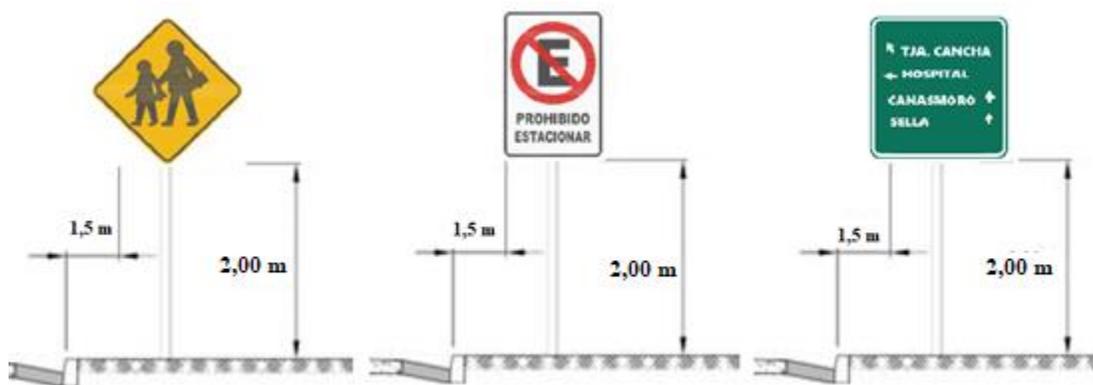
**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.2 Señales verticales a implementar**

Señales reglamentarias		Cantidad	
Pare	SR-1	2	32
Solo giro a la izquierda	SR-5	7	
Prohibido girar a la izquierda	SR-6	3	
Giro a la derecha solamente	SR-7	5	
Prohibido girar a la derecha	SR-8	1	
Prohibido estacionar	SR-28	6	
Velocidad máxima	SR-30	8	
Señales preventivas		Cantidad	
Resalto	SP-14	7	13
Zona escolar	SP-53	6	
Señales informativas		Cantidad	
De dirección	ID	4	6
Parada de buses	IO-3	2	
Total, señales			51

**Fuente:** Elaboración propia

De estas señales que se presentan ya se tiene en la zona una señal de prevención y ocho reglamentarias por lo que se implementarán 12 señales preventivas y 24 señales reglamentarias quedando un total de 42 señales verticales.

**Figura 4.2 Ejemplo de señales verticales a implementar**

**Fuente:** Elaboración propia

#### 9.4.2 Localización de la señalización a implementar

Se adjuntan planos en anexos E en los cuales se muestra la solución que se propone en cuanto a la señalización correspondiente, cabe recalcar que las señales como, sendas peatonales, líneas de carril, líneas de eje, pasos peatonales están normados según indica

la norma de la Administradora Boliviana de Carreteras ABC. Las flechas de viraje que se colocan en el plano ya mencionado, están de acuerdo a las dimensiones que nos proporcionan la Secretaría de Movilidad Urbana de la Ciudad de Tarija.

## 9.5 PRESUPUESTO GENERAL

### 9.5.1 Ítems para la obra

**Tabla 4.3 Ítems de obra**

Ítem N°	Descripción
1	Pintado de señal horizontal
2	Señal vertical preventiva (0,60 m x 0,60 m)
3	Señal vertical restrictiva (0,60 m x 0,90 m)
4	Señal vertical informativa (0,70 m x 0,70 m)
5	Provisión y colocado de tachones

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.5.2 Especificaciones técnicas

#### Descripción

El trabajo consistirá en la ejecución de un sistema de señalización horizontal y vertical, llevada a cabo de acuerdo con esta especificación y las instrucciones integrantes del "Manual Técnico para el Control del Tránsito" utilizado. Comprenderá la instalación de placas y pintura de fajas en la calzada.

La ubicación, forma y tipo, obedecerán al diseño de la señalización vertical.

La señalización horizontal consistirá en la colocación de fajas de pintura reflectada en la superficie de la calzada. Las fajas serán intermitentes en el eje central del pavimento con sectores continuos en aquellas zonas que sea prohibido el ultrapasaje. Cuando se establezca demarcación en los bordes del pavimento, las fajas serán continuas.

Las fajas discontinuas constarán de segmentos de 3.00 m. de longitud espaciados cada 5.00 m, excepto cuando se especifique de otra manera en el diseño, o lo que indique el Supervisor.

Los tachones que se colocarán operan como reductor de velocidad en los sectores de las zonas próximas a zonas escolares y que consiste en la elevación transversal mediante estos dispositivos en una sección determinada de la vía.

Esta operación comprende la provisión y colocación de tachones reflectantes para la demarcación de pavimentos.

Los tachones deberán tener una o dos caras reflectantes, de los colores que se señalan en el proyecto o en esta especificación, y que no se contraonga a las especificaciones técnicas del proyecto y especificaciones de la ABC.

## **1.- Pintado de señal horizontal**

### **Materiales**

Los materiales incorporados al trabajo deberán cumplir con pruebas para composición, tiempo de secado, consistencia, oxidación, características de fijación, visibilidad y durabilidad.

La pintura será de color blanco y amarillo sobre la que se aplicarán las micro esferas de vidrio convenientemente graduadas.

La pintura deberá ligarse adecuadamente con las micro esferas de vidrio, de tal manera que produzcan máxima adhesión, refracción y reflexión.

El espesor de la película húmeda de pintura aplicada será de 0,038 cm., la que deberá secar suficientemente dentro de una hora después de aplicada de tal manera que no se ensucie bajo el tráfico.

El color, opacidad y fijeza de la pintura será igual al de la muestra. Cuando esté seca, mostrará un terminado blanco (o amarillo en su caso), opaco y fijo sin tendencia al color gris o pérdidas de color cuando se la exponga a la luz directa del día por siete horas.

Se presentará al supervisor una muestra que el fabricante propone suministrar, acompañada de un certificado que acredite cumplimiento de las presentes especificaciones, por lo menos 30 días antes de iniciar el trabajo de demarcación. No se comenzará el trabajo si la pintura propuesta no cumple todos los requisitos establecidos.

Las micro esferas de vidrio de vidrio deberán cumplir los siguientes requisitos:

Las micro esferas de vidrio se fabricarán de vidrio diseñado para tener una alta resistencia al desgaste del tráfico y a los efectos climatológicos.

Las micro esferas de vidrio serán de forma esférica, no conteniendo más del 25% de partículas irregulares. Estarán libres de partículas angulares y de partículas que muestren en su superficie manchas blancas, estrías o incisiones.

### **Equipo**

La naturaleza, capacidad y cantidad de equipo a ser utilizada depende del tipo y dimensiones del servicio a ejecutar. El superintendente presentará una relación detallada del equipo a ser empleado en la obra o conjunto de obras. Se exigirá la presentación de

equipo mecánico autorizado para la ejecución del pintado de las fajas continuas y discontinuas.

### **Ejecución**

El trabajo se efectuará por trabajadores competentes y empleando los materiales, métodos y equipo aprobados por el supervisor.

La pintura para la demarcación se aplicará estando, la superficie del pavimento limpia y seca, mediante equipo mecánico. La proporción de la aplicación será de un balde de 18 litros para 25 m<sup>2</sup>. Los glóbulos se aplicarán en la proporción de 12,5 kg por cada balde de 18 litros.

### **Control por el ingeniero**

El control por el supervisor se efectuará siguiendo estrictamente las normas establecidas. Previamente a la iniciación de los trabajos se controlarán las condiciones de limpieza de las superficies a pintar, condiciones del equipo y experiencia del personal.

### **Medición**

Las fajas de demarcación para la señalización horizontal serán medidas por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), terminada y aceptada. No se efectuará medición separada de los glóbulos de vidrio para propósitos de pago.

### **Forma de pago**

El pago se hará de acuerdo a lo indicado a lo anterior, al precio unitario definido en el proyecto, por toda actividad ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el supervisor.

Dichos pagos incluyen el suministro y colocación de todos los materiales (pintura, micro esferas de vidrio, etc.), así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la obra descrita en esta especificación.

## **2.- Señal vertical preventiva (0,60 m x 0,60 m)**

### **Materiales**

Las chapas de acero de las placas para señales serán de 2 mm de espesor para las señales cuyo lado mayor no sobrepase 0.90 m. obedeciendo la especificación ASTM-A366.

La pintura para las placas obedecerá a las especificaciones AASHTO M-70 y M-72.

### **Ejecución**

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales serán mantenidas siempre en un poste único.

Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el diseño. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón de dosificación 1:3:4 perfectamente consolidado.

### **Soportes metálicos**

Los postes para el sostén de las señales serán metálicos de diámetro igual a 3 pulg. colocados a una profundidad no menor a 0.45 m.

### **Chapas para señales**

Las chapas para señales serán metálicas, en planchas de acero laminadas en frío, calibre.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatadas y preservadas contra la oxidación.

El acabado será efectuado con esmalte sintético en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante.

Las chapas serán fijadas en los soportes metálicos por medio de pernos galvanizados con rosca y dos arandelas de presión de 3/8" x 3" en cada poste.

### **Control por el ingeniero**

El control por el supervisor se efectuará siguiendo estrictamente las normas establecidas. Igualmente, se verificará que los letreros de señalización, soportes y seguros cumplan con las especificaciones.

**Medición**

La señalización vertical será medida por pieza de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

**Forma de pago**

El pago se hará de acuerdo a lo indicado en el inciso anterior, al precio unitario definido en el proyecto, por toda actividad ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el supervisor.

Dichos pagos incluyen el suministro y colocación de todos los materiales (acero de refuerzo, hormigón, encofrados, clavos, plancha de acero, pernos, tuercas con arandelas, etc.), excavación, relleno, colocación de postes, placas, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la obra prescrita en esta especificación.

### **3.-Señal vertical restrictiva (0,60 m x 0,90 m)**

#### **Materiales**

Las chapas de acero de las placas para señales serán de 2 mm de espesor para las señales cuyo lado mayor no sobrepase 0.90 m. obedeciendo la especificación ASTM-A366.

La pintura para las placas obedecerá a las especificaciones AASHTO M-70 y M-72.

#### **Ejecución**

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales serán mantenidas siempre en un poste único.

Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el diseño. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón de dosificación 1:3:4 perfectamente consolidado.

#### **Soportes metálicos**

Los postes para el sostén de las señales serán metálicos de diámetro igual a 3 pulg. colocados a una profundidad no menor a 0.45 m.

#### **Chapas para señales**

Las chapas para señales serán metálicas, en planchas de acero laminadas en frío, calibre.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatadas y preservadas contra la oxidación.

El acabado será efectuado con esmalte sintético en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante.

Las chapas serán fijadas en los soportes metálicos por medio de pernos galvanizados con rosca y dos arandelas de presión de 3/8" x 3" en cada poste.

#### **Control por el ingeniero**

El control por el supervisor se efectuará siguiendo estrictamente las normas establecidas. Igualmente, se verificará que los letreros de señalización, soportes y seguros cumplan con las especificaciones.

**Medición**

La señalización vertical será medida por pieza de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

**Forma de pago**

El pago se hará de acuerdo a lo indicado en el inciso anterior, al precio unitario definido en el proyecto, por toda actividad ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el supervisor.

Dichos pagos incluyen el suministro y colocación de todos los materiales (acero de refuerzo, hormigón, encofrados, clavos, plancha de acero, pernos, tuercas con arandelas, etc.), excavación, relleno, colocación de postes, placas, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la obra prescrita en esta especificación.

#### **4.-Señal vertical informativa (0,70 m x 0,70 m)**

##### **Materiales**

Las chapas de acero de las placas para señales serán de 2 mm de espesor para las señales cuyo lado mayor no sobrepase 0.90 m. obedeciendo la especificación ASTM-A366.

La pintura para las placas obedecerá a las especificaciones AASHTO M-70 y M-72.

##### **Ejecución**

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales serán mantenidas siempre en un poste único.

Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el diseño. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón de dosificación 1:3:4 perfectamente consolidado.

##### **Soportes metálicos**

Los postes para el sostén de las señales serán metálicos de diámetro igual a 3 pulg. colocados a una profundidad no menor a 0.45 m.

##### **Chapas para señales**

Las chapas para señales serán metálicas, en planchas de acero laminadas en frío, calibre.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatadas y preservadas contra la oxidación.

El acabado será efectuado con esmalte sintético en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante.

Las chapas serán fijadas en los soportes metálicos por medio de pernos galvanizados con rosca y dos arandelas de presión de 3/8" x 3" en cada poste.

##### **Control por el ingeniero**

El control por el supervisor se efectuará siguiendo estrictamente las normas establecidas. Igualmente, se verificará que los letreros de señalización, soportes y seguros cumplan con las especificaciones.

**Medición**

La señalización vertical será medida por pieza de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

**Forma de pago**

El pago se hará de acuerdo a lo indicado en el inciso anterior, al precio unitario definido en el proyecto, por toda actividad ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el supervisor.

Dichos pagos incluyen el suministro y colocación de todos los materiales (acero de refuerzo, hormigón, encofrados, clavos, plancha de acero, pernos, tuercas con arandelas, etc.), excavación, relleno, colocación de postes, placas, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la obra prescrita en esta especificación.

## **5.-Provisión y colocado de tachones**

### **Materiales**

Por lo general estos dispositivos son plásticos o metálicos, entre otros materiales. Al menos la cara que enfrenta al tránsito debe ser retro reflectante.

Los tachones deben ser del tipo reflector prismático, el área reflectante debe estar moldeada de material metacrilato o policarbonato, su base plana.

Los tachones deberán cumplir con las siguientes exigencias:

Resistencia a la compresión: La tacha deberá soportar un peso de 2727 Kg sin quebrarse o deformarse significativamente. Entendiendo como deformación significativa 3,3 mm.

Resistencia al desprendimiento: El tachón deberá tener una resistencia al desprendimiento mayor o igual a 3,4 MPa.

### **Dimensiones**

Los tachones deberán ser de las siguientes medidas 25x15x5 cm.

### **Adhesivos**

Los tachones se deberán adherir con el adhesivo que recomiende el fabricante en función del tipo y estado del pavimento. En todo caso, el adhesivo deberá asegurar un tiempo de secado que no sobrepase 25 min; así mismo, después de transcurridas 12 horas las tachas no deberán experimentar desplazamientos o movimientos al ser golpeadas por los vehículos. Cuando no se cumplan estos requisitos se deberá cambiar el adhesivo.

### **Equipo**

Se deberá disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento y para el transporte y colocación de los tachones, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos.

### **Ejecución**

Los tachones se ubicarán de acuerdo a los detalles del proyecto y los colores deberán ajustarse a la siguiente pauta:

Color Rojo. Líneas que no se deben traspasar

Color Blanco. Líneas que se pueden cruzar

Color Amarillo. Islas y reservas centrales.

El área del pavimento donde se colocará la tacha deberá estar libre de polvo, compuestos de curado, grasa, aceite, pintura o cualquier otra materia extraña que pudiere afectar negativamente la acción ligante del adhesivo. Para estos efectos, la superficie indicada se deberá limpiar.

El adhesivo se deberá preparar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, considerando que las cantidades requeridas dependen de la textura de la superficie del pavimento. En todo caso, no se deberá preparar más mezcla adhesiva que la que se pueda utilizar en 10 minutos.

La mezcla adhesiva se deberá aplicar mediante una espátula a la base o a la superficie del pavimento, en una cantidad tal, que cubra totalmente la superficie de contacto, sin presentar huecos, más un leve exceso.

Los tachones se deberán colocar en su posición tan pronto como sea posible, con un procedimiento que asegure que, respecto del eje del camino, no sufrirá desviaciones mayores que 2 mm, medidos en los extremos. Una vez instalada la tacha se deberá presionar hasta que el pegamento salga por los bordes. Todo exceso de adhesivo se deberá limpiar y retirar inmediatamente. No se aceptará que el pegamento fluya sobre la cara reflectante del tachón.

Los tachones deberán ser protegidos de golpes por un lapso mínimo de 30 minutos después de colocados. Además, durante el periodo que dure el proceso de endurecimiento del pegamento, se deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el tránsito pase sobre los tachones. Para esto, el contratista deberá colocar conos, barreras.

No se deberá colocar los tachones en las siguientes condiciones:

Cuando la temperatura del aire o la del pavimento sea igual o inferior a 10 °C.

Cuando la humedad relativa del aire sea superior al 80%.

Cuando la superficie del pavimento esté húmeda.

Antes de 14 días de haber sido entregado al tránsito un pavimento nuevo.

Antes de la demarcación de los pavimentos.

### **Control por el ingeniero**

El control de los trabajos en ejecución, control de la calidad, geometría, la aplicación de una técnica adecuada y acabado de acuerdo a planos y proyecto son funciones del Supervisor.

El control por el Supervisor se efectuará siguiendo estrictamente las normas establecidas por estas especificaciones. Previamente a la iniciación de los trabajos se controlarán las condiciones de limpieza de las superficies a la colocación de los tachones, condiciones del equipo y experiencia del personal.

### **Medición**

Se cuantificará por unidad colocada, y la medición se efectuará de acuerdo al número de tachones requeridos por el proyecto y aprobados.

### **Forma de pago**

Los trabajos de tachones, serán pagados a los precios unitarios correspondientes a los ítems de pago definidos en el proyecto.

El precio unitario incluye el suministro, colocación y transporte de los tachones reflectantes según lo especificado, incluyendo el adhesivo correspondiente, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos, necesarios para completar la obra prescrita en esta especificación.

### 9.5.3 Cómputos métricos

**Tabla 4.4 Cómputos métricos**

Ítem N°	Descripción	Unid.	Cantidad
	Pintado de señal horizontal	m <sup>2</sup>	1423,4
	Señal vertical preventiva (0,60 m x 0,60 m)	pza	12
	Señal vertical restrictiva (0,60 m x 0,90 m)	pza	24
	Señal vertical informativa (0,70 m x 0,70 m)	pza	6
	Provisión y colocado de tachones	pza	72

**Fuente:** Elaboración propia

### 9.5.4 Costo de la obra

**Tabla 4.5 Presupuesto general**

Ítem N°	Descripción	Unid.	Cant.	P. U. (bs)	Costo ítem
1	Pintado de señal horizontal	m <sup>2</sup>	1423,4	124,73	177540,68
2	Señal vertical preventiva (0,60 m x 0,60 m)	pza	12	966,19	11594,28
3	Señal vertical restrictiva (0,60 m x 0,90 m)	pza	24	1276,50	30636,00
4	Señal vertical informativa (0,70 m x 0,70 m)	pza	6	1190,30	7141,80
5	Provisión y colocado de tachones	pza	72	175,73	12652,56

<b>Costo (bs) =</b>	239565,32	Doscientos treinta y nueve mil quinientos sesenta y cinco con 32/100 bolivianos.
<b>Costo \$us. =</b>	34420,30	Treinta y cuatro mil cuatrocientos veinte con 30/100 dólares.

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 14.1 CONCLUSIONES

- De los datos y resultados obtenidos del aforo de volumen de vehículos como de peatones podemos determinar que estos no cumplen con el número mínimo establecido en las condiciones para la implementación de semáforos, siendo estos los parámetros fundamentales para dicha implementación.
- Se brinda una solución al desorden vehicular que existe en la zona, implementando señales reglamentarias en zonas donde se identifica dicho problema, con el fin de organizar el tránsito vehicular.
- Se propone la colocación de un total de cuarenta y seis señales verticales.
- El trabajo realizado cuenta con mil cuatrocientos veintitrés m<sup>2</sup> de señalización horizontal.
- En zonas donde se requiere mayor seguridad como es el caso de zonas educativas se colocan señales de prevención como la señal zona escolar (SP-53) así también se propone la implementación de reductores de velocidad “tachones” con su respectiva señal vertical (SP-14) con la finalidad de brindar seguridad a los estudiantes que circulan por la zona.
- De acuerdo a la información del inventario de señales realizado de la zona se puede determinar que muchas señales están en deterioro, como también no existen las suficientes señales de prevención, restricción tampoco informativa.
- Se puede observar que el ancho de las calles de la zona no tiene la capacidad para funcionar en doble sentido, es por ello que se modifica la circulación para un solo sentido de tránsito.
- El costo total de la obra tiene un presupuesto total de doscientos treinta y nueve mil quinientos sesenta y cinco con 32/100 bolivianos.

## 14.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda tanto a medios de comunicación, policía y municipio, que se unan a programas de educación vial para realizar y dar mayor información a todos los usuarios, como así también llevar y brindar información en las unidades educativas para poder informar sobre el uso de cada una de las señales que se colocan.
- Una de las recomendaciones muy importantes concientizar a todos los usuarios para cuidar las señales que son colocadas en distintas zonas.
- Muy recomendable que las autoridades a quienes les competen el ordenamiento vial gestionen un mantenimiento adecuado cuando estas señales sean deterioradas.