CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El proyecto que se presenta a continuación presenta la información más relevante y significativo sobre los factores que afectan el tráfico vehicular.

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se desplazan por las avenidas y calles de la ciudad de Bermejo.

Este incremento constante de vehículos, hace necesario prestarles especial atención a las vías de circulación, tomando acciones cuyo fin sea disminuir los problemas de tránsito existentes, más aún en horas de mayor circulación vehicular.

Mejorar las señalizaciones verticales y horizontales, como también el mejoramiento de los semáforos y la distribución en avenidas de mayor congestión vehicular.

La ciudad de Bermejo es una localidad fronteriza, distrito y municipio en el extremo sur de Bolivia, ciudad más poblada de la provincia de Aniceto Arce del departamento de Tarija.

Tiene 36.967 habitantes según el censo 2024 y está a 208 km de la ciudad de Tarija, es la frontera internacional con la República Argentina. Es la ciudad más austral de Bolivia, ah pasar los años la población fue creciendo como también los motorizados, por lo que algunas de las avenidas principales de la ciudad ah esta fecha, el flujo vehicular se tomó caótico, especialmente en los días y horas pico. A pasar de los años se observa la situación problemática vehicular que fue incrementando por no realizar diagnóstico de regulación respectiva del incremento de los taxis que dan un servicio público que pasan por las avenidas más congestionadas del centro de la ciudad de Bermejo.

El objetivo principal es determinar el estudio de tráfico vehicular, de tal manera se pueda plantear un plan de señalización y semaforización para dar solución al congestionamiento vehicular en la ciudad de Bermejo, para lograr disminuir el tiempo de recorrido vehicular.

La base teórica de esta investigación responde a la parte de la ingeniería de transito que es una rama de la ingeniería de transporte a su vez ramificar desde allí Ingeniería civil que se ocupa de la planificación, diseño y operación del tráfico en las calles, carreteras y sus redes de infraestructura.

1.2. Justificación

El crecimiento de la Ciudad de Bermejo en su población como también en automotor, al pasar de los años presenta situaciones problemáticas en la ingeniería, como congestionamiento vehicular en la ciudad de Bermejo.

Desde años atrás la ciudad de Bermejo, presento un índice de crecimiento poblacional y vehicular y está en constante ascenso, por lo que las avenidas principales como ser: Bolívar, Luis de Fuentes y Barrientos Ortuño de la ciudad de Bermejo, ah esta época se presentan situaciones problemáticas, especialmente en los días y horas pico, ocasionando congestionamiento y accidentes de tránsito.

A pasar de los años se vieron situaciones de atascamiento vehicular que fue incrementando por no dar solución a esta situación problemática que presenta la ciudad.

La Aduana Nacional registró 26.366 vehículos turísticos que ingresaron y salieron legalmente de Bolivia por la frontera de Bermejo - Tarija hacia Argentina, de enero a junio de 2023. El Administrador de Aduana Frontera Bermejo, indicó que 23.698 vehículos ingresaron a Bolivia y 2.668 salieron a Argentina

El motivo por lo que realizo el estudio de tráfico vehicular, es para prever en las avenidas por donde mayormente circulan los vehículos, los problemas que llegaría a tener en ciertas horas del día donde son transitadas con mayor frecuencia, evitando la congestión vehicular como así mismo los accidentes de tránsito que el cualquier instante podría darse, y así poder darles a los conductores un libre tráfico.

Obteniendo los volúmenes vehiculares de las zonas en estudio, se planteará alternativas que ayuden a dar solución a la situación problemática que presenta la ciudad de Bermejo, que se verán reflejados en los planos donde estará los mejoramientos e implantación a las avenidas para dar solución esta problemática de tráfico vehicular.

El estudio realizado se beneficiará a los peatones y usuarios transportistas, generando un ordenamiento vehicular, como la colocación de las señales verticales y horizontales y el mejoramiento y la distribución de los semáforos en las intersecciones que presenten congestión vehicular, permitiendo la circulación moderado por la avenida Luis de Fuentes, Bolívar y Barrientos Ortuño dando a los usuarios tiempo de destino menor a la que se vive hoy en día.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Situación problémica

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por una sección dada de una vía durante un periodo de tiempo especificado; Esta propiedad puede aplicarse a los tipos de vías de acuerdo a su importancia y nivel de servicio, como ser la red fundamental, la complementaria y la vecinal.

Se ha conocido que el estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar el volumen vehicular y clasificar según el tipo de vehículo, dependiendo del tipo de vía que circulen los vehículos.

Realizar el estudio me permitirá plantear alternativas que mejoraría el tráfico vehicular de las avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de fuentes de la ciudad de Bermejo, al ser un sector netamente transitable para los diferentes tipos de vehículos que circulen por la zona en estudio.

El presente estudio definirá de una mejor manera, la circulación vehicular en carteras.

1.3.2. Formulación del problema

¿De qué manera empleando un plan de señalización y semaforización reducen el alto congestionamiento vehicular; en las avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de fuentes de la Ciudad de Bermejo?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

- Realizar el estudio de tráfico vehicular de las avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de Fuentes de la Ciudad de Bermejo; mediante aforo vehicular y aplicando los parámetros de tráfico; para elaborar un plan que ayude a mejorar la circulación vehicular.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico situacional de señalizaciones verticales y horizontales del área de estudio.
- Determinar las horas pico y los días de mayor demanda vehicular para el desarrollo del proyecto.

- Obtener los parámetros de tráfico como: volumen, velocidad, capacidad, densidad, nivel de servicio, semaforización y señalizaciones.
- Analizar que avenidas en estudio se encuentran próximo al flujo inestable
- Realizar el dimensionamiento de señalización verticales y horizontal, y la ubicación de los semáforos considerando lo requerido en el área de estudio de las avenidas principales de la ciudad de Bermejo.
- Plantear soluciones que ayuden a reducir el volumen en las avenidas más críticas de la zona en estudio.

1.5. Planteamiento de la hipótesis y sus variables

1.5.1. Formulación de la hipótesis

Si, se realiza el estudio de tráfico en la ciudad de Bermejo, entonces se aplica un plan que ayude a mejorar los parámetros de la circulación vehicular y se podrá determinar un ordenamiento vial que contemple la señalización y semaforización.

1.5.2. Conceptualización y operacionalización de variables

Variables independientes

Tabla Nº 1. Definición de variables independientes

VARIABLE	CONCEPTO	DIMENSION	INDICADOR	VALOR / ACCIÓN
Estudio de Tráfico	El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera.	Características de Trafico	- Volumen - Velocidad - Capacidad	- Vehículo/hora - Kilometro /hora - Vehículo/hora

Fuente: Elaboración Propia

Variables Dependientes

Tabla Nº 2. Definición de variables dependientes

VARIABLE	CONCEPTO	DIMENSION	INDICADOR	VALOR / ACCIÓN
Señalización	Es el conjunto de señales de una acción o evento para mantener nuestra seguridad y la de los conductores, proporcionando información informativa o restrictiva.	• Señales informativas • Señales restrictivas	Señales	-
Semaforización	Se busca con la semaforización encontrar una solución y un orden a la movilidad entre los vehículos, y la movilidad entre peatones con el flujo vehicular.	▪ Tiempos de ciclo ▪ Tiempo de fase	Tiempo	Segundos

Fuente: Elaboración Propia

1.6. Alcance de la investigación

En el presente proyecto es un estudio explicativo, tiene una variable independiente el estudio de tráfico y dos variables dependientes señalización y semaforización.

El estudio parte de la avenida Bolívar, Luis de Fuentes y Barrientos Ortuño, las áreas de aporte hacia las avenidas en estudio se realizará los aforos considerando como mínimo 30 intersecciones donde se lectura por el método manual el conteo de volumen vehicular.

El área de aporte delimitado es de 120 hectáreas como se observa en la Figura N.º 38

Se realizo la metodología de aforo de:

Aforo de un día de 06:00 a.m. a 21:00 p.m. en la intersección 2 de la av. Bolívar y Luis de Fuentes para obtener las horas pico en la zona en estudio y se representó mediante graficas la variación del lujo de las 15 horas.

Para el aforo de una semana en las tres horas pico se aforo durante una semana para determinar los días de mayor circulación vehicular, obteniendo como dos días hábil lunes y miércoles y un día no hábil como sábado.

Para los aforos de un mes se utilizó la Tabla Nº 10 de clases de vehículos, como livianos, medianos y pesados aforando tres días de la semana como dos días hábiles y un día no hábil durante cuatro semanas de cada intersección con su respectivo acceso, considerando también sus respectivos giros.

Para obtener el volumen total de cada acceso se consideró la dispersión de datos es decir entre que valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor máximo obtenido en los aforos de cada intersección y acceso.

Se midió las distancias de cada acceso de las treinta intersecciones, como también los tiempos de acceso para una distancia de 25 metros.

Para los parámetros de cálculos se determinó la capacidad vehicular por el método HCM de cada acceso considerando los factores de reducción, para velocidad de punto de considero una distancia constante de 25 metros para la obtención de los tiempos de cada acceso y así poder determinar la velocidad de punto en (km/hr), para el desarrollo del nivel se servicio teniendo el volumen y capacidad practica se calculó el nivel de servicio con las descripciones del flujo de cada acceso. Para el cálculo de semaforización se utilizó la norma AASTHO considerando los tiempos de ciclo aforado en campo, para la determinación de la señalización vertical y horizontal se realizó la medición de distancias en el departamento de Tarija, donde se reflejará con claridad en los anexos de planos de cada intersección.

Para las alternativas de bajo costo de reducir el volumen vehicular en la avenida Luis de Fuentes, mediante restringir los vehículos con una terminación del número de placa, en las horas 7:00 a.m. a 8:00 a.m. 11:00 a.m. a 12:00 p.m. y 18:00 p.m. a 19:00 p.m. Los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado se prohibiendo la circulación vehicular. En las avenidas Bolívar, Barrientos Ortuño y Luis de Fuentes empleando un plan de semaforización y señalización se propone reducir el flujo vehicular, la ubicación y distancias de las señales se observarán a detalle en los anexos III de los planos.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO VEHICULAR

CAPÍTULO II

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ESTUDIO DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO VEHICULAR

2.1. Definición de tráfico vehicular

Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas y el de peatones. Los vehículos a menudo entran en conflicto con otros vehículos y peatones porque sus rutas previstas de viaje se cruzan y, por lo tanto, interfieren con las rutas de los demás.

2.2. La ingeniería de tráfico

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería civil, que se encarga de estudiar analizar y buscar soluciones para que la inter relación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos, privados, vías, carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios.

El análisis del tráfico es fundamental para conocer la movilidad de los ciudadanos y diseñar adecuadamente las infraestructuras. En este sentido, podemos diferenciar entre dos tipos de análisis:

- Análisis macroscópico, que está centrado en el comportamiento promedio de los conductores, es decir, en su conjunto.
- Análisis microscópico, centrado en el comportamiento individual de cada conductor.

La concentración de las personas en las ciudades ha provocado un aumento significativo del tráfico motorizado urbano, lo que ha conducido a un aumento de la congestión, asimismo, la movilidad en entorno interurbano también ha experimentado un aumento en los últimos años debido, principalmente, a la mejora de la funcionalidad y aumento de la capacidad de la red de carreteras. (Wales, 2023).

2.3. Objetivos y alcance de la ingeniería de tráfico

La ingeniería de tránsito tiene la finalidad de analizar la movilidad en una zona determinada, considerando de manera coordinada los diferentes elementos que participan en ella y simulando la interacción de los nuevos proyectos de infraestructura con la red existente, para proponer soluciones a la medida de cada proyecto. Castello, 2023).

La Ingeniería de Tránsito analiza lo siguiente:

- **Características del Tránsito**

  Utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios.

  Las magnitudes son: la velocidad, volumen, densidad, separación entre vehículos Sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras.

- **Reglamentación del Tránsito**

  Como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento.

  También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento y el control policiaco en intersecciones.

- **Planificación Vial**

  Realizar las investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, para conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra.

- **Administración**

  Para tener buenos resultados se debe considerar varios aspectos tales como: económicos, políticos, fiscales, de relaciones públicas, de sanciones, etc. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.4. Solución al problema de tránsito

Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito como ser:

- **Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad**

  Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.

- **Superposición del tránsito motorizado en facilidades viales**

  Pocos cambios en trazo urbano, carreteras que no han evolucionado.

- **Falta de planificación en el tránsito**

  Construcción de vías con especificaciones antiguas.

- **El automóvil no considerado como una necesidad pública**

  Falta de apreciación de las autoridades y público en general a la importancia del vehículo automotor.

- **Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario**

  Legislación y reglamentos no acordes a la evolución del transporte, falta de educación vial. Se plantean tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito: Solución integral, solución parcial de alto costo y solución parcial de bajo costo.

2.4.1. Solución integral

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

2.4.2. Solución parcial de alto costo

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

2.4.3. Solución parcial de bajo costo

Realiza el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. Tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito, así como la disciplina y educación de parte del usuario. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.5. Elementos de la ingeniería de tránsito

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

- El Usuario
- El Vehículo
- La Vía o Vialidad

2.5.1. El usuario

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

2.5.1.1. El peatón

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos.

2.5.1.2. El conductor

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

Se ha encontrado para el conductor un tiempo mínimo de reacción para actuar que se detallara a continuación:

- Para un vehículo sin movimiento un tiempo promedio de 0.25 seg. por ejemplo, el tiempo de reacción para arrancar el vehículo cuando el semáforo cambia de rojo a verde.
- Para un vehículo sin movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.25 seg.
- Para un vehículo en movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.83 seg.
- En algunos casos podría llegar hasta 2 ó 3 seg.

2.5.2. El vehículo

Es la tecnología propia de cada sistema de transporte a través de la cual se ejecuta la acción de transportarse de un sitio a otro.

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

Tipos de Vehículos:

- Automóviles
- Camiones
- Autobuses
- Vehículos de dos ruedas
- Otros

Los tipos de vehículos en Bolivia responden a la clasificación vehicular de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) son:

Tabla Nº 3. Clasificación de vehículos

CODIGO	TIPO DE VEHÍCULO	FIGURA
1	Automóviles y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	
CSR	Camiones Semirremolque	
CR	Camiones Remolque	
12	Otros Vehículos	

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.5.2.1. Clasificación y características del vehículo

Los vehículos se clasifican en 2:

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

2.5.2.1.1. Los vehículos livianos

El vehículo liviano debe tener un peso en vacío inferior a 3.500 kg o 3.5 Toneladas, es decir el vehículo sin pasajeros y sin carga, pero con todos sus combustibles operativos

necesarios, como: el aceite de motor, trasmisión, combustible, entre otros, además debe tener llanta sencilla en el eje trasero.

Los vehículos ligeros pueden ser utilizados en:

- Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.
- Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados.

2.5.2.1.2. Los vehículos pesados

Camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos en pendiente.

Los vehículos pesados pueden ser utilizados en:

- Terminales de pasajeros y de cargas.
- Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.5.2.2. Pesos brutos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes

Los pesos máximos permitidos por cada eje o por cada grupo de ejes para la circulación de vehículos de transporte de carga y/o de pasajeros en la Red Vial Fundamental, son los siguientes:

Tabla Nº 4. Pesos brutos máximos permitidos por ejes y grupos de ejes

TIPOS DE CONFIGURACIONES DE EJE Y GRUPOS DE EJES VEHICULARES	PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO POR EJE O GRUPOS DE JES (TONELADAS
Eje sencillo (direccional o fijo) de 2 llantas	7,00
Eje sencillo de 2 llantas con cubvierta extra ancha y suspensión neumatica	7,70
Eje tipo tándem de 4 llantas	10,00
Eje sencillo de 4 llantas	11,00
Eje tipo tándem de 4 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática	12,00
Eje tipo tándem de 6 llantas	14,00
Eje tipo tándem de 6 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática	16,00
Eje tipo trídem de 6 llantas	17,00
Eje tipo tándem de 8 llantas	18,00

Eje tipo trídem de 6 llantas con cubierta extra ancha y suspensión neumática	18,00
Eje tipo trídem de 10 llantas	21,00
Eje tipo trídem de 10 llantas con un eje con cubiertas extra anchas y suspensión neumática	22,00
Eje tipo trídem de 12 llantas	25,00

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Los pesos por eje vehicular permitidos en la tabla precedente, están determinados para vehículos con un ancho de sección de llanta de 270 milímetros, equivalente a 10,6 pulgadas o superior.

Para vehículos con llantas con anchos de sección menores de 270 milímetros, se aplicarán los siguientes criterios:

Tabla Nº 5. Rango de ancho de sección de llanta y peso bruto total

RANGO DE ANCHO DE SECCIÓN DE LLANTA		**PESO BRUTO TOTAL MÁXIMO PERMITIDO**	
De	**Hasta:**	Vehículo con Eje delantero sencillo de 2 llantas y un eje trasero sencillo de 2 llantas	Vehículo con Eje delantero sencillo de 2 llantas y un eje trasero sencillo de 4 llantas
175 mm (6,8´´)	190 mm (7,5´´)	5,50 toneladas	7,00 toneladas
190 mm (7,5´´)	270 mm (10,6´´)	7,00 toneladas	10,00 toneladas

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.5.2.3. Distancia para detener un vehículo

- **Distancia de parada**

  La distancia de parada o distancia total para detener un vehículo, depende de los tiempos de percepción, de reacción y de frenado.

  Por lo tanto, la distancia de parada o distancia total se expresa:

$$D_P = d_p + d_r + d_f$$

  Donde:

  d_p = Distancia de recorrida durante el tiempo de Percepción.

  d_r = Distancia de recorrida durante el tiempo de Reaación.

  d_f = Distancia de recorrida durante el tiempo de Frenado.

- **Distancia de frenado (d_f)**

  La distancia de frenado depende de:

  - La fricción entre llantas y pavimento.
  - El peso del vehículo.
  - El número de ejes
  - El tipo de pavimento, etc. **(**ABC. 2004).

2.6. La vía o vialidad

La vía es el medio ambiente física donde se realiza la acción de transportarse, dependiendo de sus características geométricas y físicas, ofrecerá mayor o menor seguridad a sus usuarios; si la distancia de visibilidad, el peralte, las curvas de transición, el estado de deterioro de su carpeta de rodamiento, son satisfactorios redundara en beneficio de los usuarios.

2.6.1. Clasificación de las vías

a) Según su competencia
b) Según sus características
c) Según el tipo de terreno
d) Según su función
e) Según la velocidad de diseño. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.7. Características del tránsito

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

2.7.1. Velocidad vehicular

En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto.

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

Dónde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

2.7.2. Velocidad de punto

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Se presentan dificultades prácticas para la medición de la velocidad de punto ya que la misma por definición se presenta en un tramo de recorrido bastante corto.

2.7.3. Velocidad media temporal

Es la media aritmética de la velocidad de todos los vehículos que pasan por un punto durante un intervalo de tiempo seleccionado. Para datos de velocidades de punto no agrupados, la velocidad media temporal se define como:

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

Donde:

Vt = velocidad media temporal

Vi = velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados ó tamaño de la muestra

2.7.4. Velocidad media espacial

La velocidad media espacial o velocidad media-espacio, es la media aritmética de las velocidades de los vehículos que en un instante dado ocupan un tramo de una vía.

$$\check{u}e = \frac{d}{t'}$$

$$t' = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n}$$

Donde:

Ve = velocidad media espacial

d = distancia dada o recorrida

t = tiempo promedio de recorrido

n = número total de vehículos observados ó tamaño de la muestra

2.7.5. Velocidad de recorrido, global o de viaje

Conocida también como velocidad de recorrido total, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas a los tránsitos ajenos a la

voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la vía como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc.

2.7.6. Velocidad de marcha

La velocidad de marcha o velocidad de crucero se define como la distancia total recorrida dividida entre el tiempo de marcha. El tiempo de marcha excluye todas las paradas y demoras.

2.7.7. Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a: la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es conveniente mantener constante la velocidad de proyecto, la velocidad de proyecto puede variar en distintos tramos de la vía.

Las velocidades de proyecto máximas actualmente son de 112 km/h en E.E.U.U. y de 120 km/h en Europa.

2.7.7.1. Métodos para determinar la velocidad

- **Método del Cronómetro**

  Midiendo una distancia sobre la vía, se calcula con un cronómetro el tiempo que emplea el vehículo en recorrerla. Se utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida.

- **Medidores de Velocidad**

  Existen dos clases, los que usan un motor de velocidad constante y un embrague eléctrico y los electrónicos que emplean un circuito de descarga calibrada.

- **Radar**

  Estos instrumentos son portátiles y cuando se apunta con ellos a un vehículo indican inmediatamente su velocidad en un cuadrante, con una precisión de unos 3 km/h.

2.8. Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Se define como volumen vehicular a la cantidad de vehículos que circulan en definida de una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado, que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de transito diario y transito horario respectivamente.

Son volúmenes de tránsito que están clasificados de acuerdo al lapso de tiempo determinado para su cálculo, este lapso puede ser un año, un mes, una semana, un día o una hora.

- **Tránsito anual (TA):** Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos. (T = 1 año).
- **Tránsito mensual (TM):** Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 30 días consecutivos. (T = 1 mes).
- **Tránsito semanal (TS):** Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos. (T = 1 semana).
- **Tránsito diario (TD):** Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas. (T = 1 día).
- **Tránsito horario (TH):** Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos. (T = 1 hora). (Tapia y Veizaga, 2006).

2.9. Volúmenes de tránsito promedio diarios (T.P.D.)

Este es el promedio de los conteos de 24 horas recogido en un número de días mayor a 1, pero menor a un año. Volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

2.9.1. Trafico promedio diario anual (T.P.D.A.)

Es el promedio de los conteos de 24 horas, recolectados todos los días del año.

$$\mathrm{T.P.D.A.} = \frac{\mathrm{T.A.}}{365}$$

2.9.2. Trafico promedio diario mensual (T.P.D.M.)

$$\mathrm{T.P.D.M.} = \frac{\mathrm{T.M.}}{30}$$

2.9.3. Trafico promedio diario semanal (T.P.D.S.)

$$\mathrm{T.P.D.S.} = \frac{\mathrm{T.S.}}{7}$$

2.10. Volúmenes de tránsito promedio horario (T.P.H.)

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuáles son las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc.

De acuerdo a investigaciones se estableció la relación de T.P.D. y T.P.H.

T.P.H. = 12 – 15% T.P.D.

La relación es solo para valores máximos.

2.10.1. Volumen horario máximo anual (V.H.M.A.)

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

2.10.2. Volumen horario de máxima demanda (V.H.M.D.)

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

2.10.3. Volumen horario de proyecto

El volumen horario de proyecto o volumen horario de diseño, es un volumen proyectado que sirve para determinar las características geométricas de la vía. No se considera el máximo volumen horario como volumen de proyecto ya que se alcanzaría un costo elevado de inversión. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.11. Variación de los volúmenes de tráfico

Se refiere a las variaciones periódicas que sufre el volumen de tráfico en las horas del día, los días de la semana, los meses del año y en el sentido de la circulación.

- **Variaciones Horarias**: El volumen de tráfico es diferente a lo largo de las horas del día pudiendo existir horas de máximo flujo, horas de flujo medio, etc.
- **Variaciones Diarias**: 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 y feriados que existen. Esta variación diaria permite

una metodología más adecuada del control de la circulación en los días de máximo volumen.

- **Variación Semanal:** A lo largo de las semanas esta generalmente con respecto a las estaciones del año puede existir una leve variación entre los volúmenes de tráfico, aunque no es de mucha frecuencia.
- **Variación Mensual:** A lo largo de los meses del año puede existir una variación del volumen de tráfico generalmente por épocas relacionadas con las estaciones del año y con los periodos de vacaciones, es decir los meses de vacaciones de fin de año a los meses de verano son los que tienen un incremento en los volúmenes.
- **Variaciones por Sentido:** En carreteras o calles que tengan ambos sentidos de circulación también es importante establecer las variaciones que estas tienen, aunque normalmente deben tener valores similares, algunas características muy particulares podrían hacer variar la cantidad por sentido. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.12. Volumen directriz

Denominamos volumen directriz o volumen de diseño al volumen de tráfico que se emplea para proyectar una vía, es un concepto definido exclusivamente para obtener un valor que represente el 80% o más del tiempo durante un día la cantidad de vehículos que circula por una calle o carretera no exceda el valor máximo. Para ello se ha definido que el volumen directriz numéricamente se obtenga de un ordenamiento descendente del TPH máximo correspondientes a los 365 días de un año denominado el valor “trigésimo”. Para algunos proyectos de menor envergadura también se han utilizado de ese mismo ordenamiento el valor 50 o el valor 80 como volúmenes directrices. Es muy probable que en algunas carreteras o calles de ciudades no se tengan aforos de volúmenes horarios, por ello se ha establecido una relación entre el volumen diario y el volumen horario en carreteras, calles donde se realizaban ambas mediciones obteniéndose un valor racional está para el TPH entre el 12 al 15% del TPD. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.13. Densidad

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

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

La fórmula para el cálculo de la densidad es la siguiente: (Tapia y Veizaga, 2006).

$$\text{Dendidad} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Densidad}}$$

2.14. Aforos de volumen

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

- Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento)
- Estudios prioritarios de construcción
- Estudios prioritarios de señalización.

2.14.1. Métodos de aforo

- **Método de Aforo Manual:** Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso.

  Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
- En este estudio se realiza el aforo hasta 24 horas por 7 días.
- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
- Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad

del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

- **Método de Contadores Mecánicos:** Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos. Atendiendo a su movilidad los contadores pueden ser fijos o portátiles. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.15. Periodo de aforo de tránsito vehicular

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad. Para realizar el trabajo de recuento de volúmenes se debe tener establecido antes de empezar con el trabajo que tipo de registro de campo se va a utilizar.

- Permanente
- Periódicos
- De tiempo especifico

- **Aforo Permanente:** Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.
- **Aforo Periódico** Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establecer que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.
- **Aforo de Tiempo Específico:** Para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.16. Alternativas de aforo

Definir cuanto tiempo se va realizar los aforos para estudiar su comportamiento es importante y necesario en la actualidad. El aforo consiste en contar y clasificar los vehículos que pasan por un punto fijo en la carretera, cuando requerimos información tenemos dos alternativas.

- Según ABC se establece como tiempo de aforo mínimo para un proyecto vial 7 días de la semana y las 24 horas del día.
- Según la AASTHO establece un proyecto vial cuyo registro de volúmenes son requeridos, primero se establece un día completo de aforo cuyo resultado establece las tres horas picos del día en función a ello se realiza el aforo en función a esas horas pico por tres días a la semana, dos días hábiles y un día no hábil durante un periodo del mes. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.17. Intersección

Una intersección vial hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos. Dichas infraestructuras permiten a los conductores el intercambio entre caminos. Este cruce de caminos se puede dar con una intersección a nivel o con una intersección a desnivel.

2.17.1. Intersecciones a nivel

Las intersecciones viales a nivel se refieren al término de acceso a la sección vial que ingresa a la zona de conflicto, es decir, si el conductor está en una intersección, la zona de conflicto es el ‘centro’ donde podrían ocurrir los posibles accidentes. Este espacio se refiere a la suma de las áreas donde se interceptan las trayectorias de los diferentes posibles movimientos.

En líneas generales, existen cuatro tipos de movimientos:

- Giro a la derecha
- Movimiento directo
- Giro a la izquierda
- Movimiento en U

Es frecuente que las intersecciones a nivel tengan carriles exclusivos de giro a la derecha o a la izquierda, con el fin de aumentar la capacidad de la intersección y para evitar el bloqueo de otros vehículos por aquellos que están en espera.

2.17.1.1. Intersecciones controladas

Estas requieren algún tipo de control para que los vehículos puedan circular de forma segura. Existen diferentes códigos y sistemas de control de intersecciones que permiten prevenir el uso simultáneo de vehículos en movimientos en conflictos. Algunos de los sistemas de control son:

- Señal de Stop
- Señal de Ceda el Paso
- Semáforo
- Rotondas o Glorietas
- Señal de Calzada con prioridad
- Señal de Intersección a nivel con prioridad

2.17.2. Intersecciones a desnivel

Las intersecciones a desnivel son las de mayor capacidad. Se les puede denominar enlaces o intercambiadores y están basados en la idea de segregar en diferentes niveles las corrientes en conflicto por medio de túneles o viaductos. Normalmente, los diferentes niveles en la intersección son interconectados por medio de rampas. Estas conexiones permiten realizar cambios de camino. Este tipo de soluciones se utilizan en autovías o autopistas y en intersecciones que a nivel no son viables.

Las intersecciones a desnivel de trébol son las más frecuentes y se utilizan cuando el flujo de las dos vías es alto. De forma similar, se pueden encontrar intersecciones en molino, diamante, espagueti y de turbina. **(**Navarro, 1195).

2.18. Media aritmética de la muestra

La media aritmética es un valor obtenido de sumar todas las mediciones y al final dividirlas entre el número de mediciones hechas.

Media aritmètica de la Muestra: $$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

Media aritmètica de la Población: $$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{N}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

xi = Valor de cada medición. (Tapia y Veizaga, 2006).

2.19. Desviación estándar

Es una medida de dispersión muy utilizada que nos indica cuanto se alejan las medidas de la media. (Tapia y Veizaga, 2006).

Desviación estándar de la muestra:

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

Desviación estándar poblacional:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi - \bar{x})^2}{n}}$$

2.20. Varianza

Es una medida de dispersión que indica la variabilidad de los datos medidos respecto de la media aritmética.

Varianza de la muestra:

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

Varianza poblacional:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(xi - \bar{x})^2}{n}$$

Una relación muy utilizada es:

$$\boldsymbol{\sigma^2 = \frac{S^2}{n}}$$

2.21. Capacidad vehicular

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un periodo determinado bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Refleja la habilidad de la vía para acomodar una corriente de movimiento de vehículos

De acuerdo a los manuales de capacidad se ha visto por conveniente definir tres tipos de capacidad que son:

1) Capacidad posible
2) Capacidad practica
3) Capacidad directriz

1) Capacidad practica o posible

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

2) Capacidad practica

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

3) Capacidad directriz

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

2.21.1. Tipos de vía para capacidad vehicular

a) Vías interrumpidas
b) Vías ininterrumpidas

Capacidad real = capacidad teórica * C1 * C2 * C3

C1 * C2 * C3 = coeficientes de reducción de capacidad dados por el manual de capacidad

a) Vías interrumpidas

- Capacidad en accesos urbanos
- Capacidad en intersecciones semaforizadas
- Capacidad en ramales
- Capacidad en transporte publico
- Capacidad de peatones y bicicletas

b) Vías ininterrumpidas

- Capacidad en carreteras de dos carriles
- Capacidad en autopistas
- Capacidad en carreteras multicarril

a) Capacidad en vías interrumpidas

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías ininterrumpidas, en calles urbanas se considera a las vías de carácter interrumpido debido a que en la circulación existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido.

Entre esos factores los más importantes son

a) Semáforos en intersecciones a nivel
b) Agentes de tránsito que guían la circulación en intersecciones
c) Cruce de peatones
d) Detención de vehículos por diferentes causas
e) Detención de ómnibuses de transporte público para el ascenso o descenso de pasajeros

Métodos de determinación de capacidad vehicular

- Método HCM
- Otros métodos
- Método en nuestro país

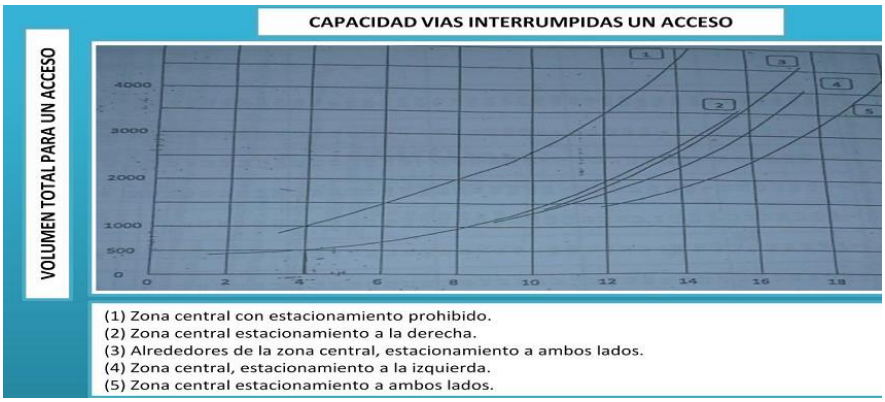
Capacidad en vías interrumpidas por método HCM

Capacidad Real = Cap Básica* Coef. Practico* Factores de Reducción

Capacidad básica se determina de ábaco

- zona de la vía
- características del área
- ancho del acceso

Gráfico Nº 1. Capacidad vías interrumpidas un acceso



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

Gráfico Nº 2. Capacidad vías interrumpidas dos accesos

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

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

a) Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajos a los valores dados por el ábaco
b) Sustraer un 1% por cada 1% que los ómnibuses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
c) Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el transito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
d) Sustraer un 1% por cada 1 % en que el transito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
e) Por paradas de ómnibuses antes de la intersección restar el 10% por parada de ómnibuses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias
f) Por estacionamientos permitidos restar 1.80 metros del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas. **(**Orgaz, 2015).

2.22. Nivel de servicio

El Nivel de Servicio es una medida de la calidad de fluidez.

La Capacidad y Nivel de Servicio estimados son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones en la Ingeniería de Tráfico y Planes de Transportación.

Esta medida describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Se describe en términos de conflictos de las direcciones de giros dentro de la intersección no señalizada.

Nivel de servicio A: Condición de flujo libre sin volúmenes de saturación y altas velocidades, no se presentan restricciones para maniobrar y tener una velocidad constante.

Figura Nº 1. Nivel de servicio A

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

Nivel de servicio B: Las condiciones de velocidades se encuentran un poco restringidas por las condiciones del tránsito para los conductores que mantienen una velocidad deseada.

Figura Nº 2. Nivel de servicio B

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

Nivel de servicio C: Los volúmenes de tránsito más altos y presentan mayores restricciones que posibilita la maniobrabilidad a los conductores y se producen demoran de bajas magnitudes.

El promedio mínimo de espacio entre vehículos está en el rango de 220 pies (67 m.) u 11 longitudes de vehículo.

Figura Nº 3. Nivel de servicio C

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

Nivel de servicio D: Las condiciones de flujo se presentan con mayor inestabilidad a por los cambios de tránsito de forma transversal entre calles menores.

Figura Nº 4. Nivel de servicio D

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

Nivel de servicio E: La condición de flujo es mucho menos inestable debido a los altos volumen de tránsito y las bajas velocidades que se presenta a los conductores de las cuales ya presentan demoras considerables.

Figura Nº 5. Nivel de servicio E

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

Nivel de servicio F: La condición de flujo que se presenta es totalmente congestionado, la velocidad representa muy baja y las demoras son muy altas. (Tapia y Veizaga, 2006).

Figura Nº 6. Nivel de servicio F

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

2.23. Señalización

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen.

La Señalización vial cumple las siguientes funciones

- Organiza el tránsito
- Advierte los peligros
- Ordena conductas de seguridad
- Comunica informaciones útiles

El aspecto más delicado de la seguridad en la circulación es debido a que ninguna vía es igual en toda su longitud, sino que presenta cambios, tales como:

- Curvas ciegas
- Pasos ferroviarios a nivel
- Estrechamientos de la calzada
- Tramos resbaladizos, etc.

La señalización básicamente se divide en:

1) Señalización vertical
2) Señalización horizontal

2.23.1. Señalización vertical

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

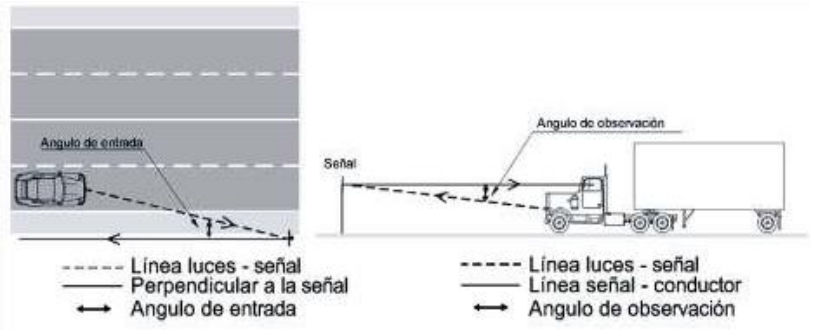
Características de las señales verticales

Las características básicas son:

- Mensaje: Transmite un mensaje inequívoco, puede estar compuesto por un símbolo y una leyenda.
- Forma y color: Depende del tipo de señal.
- Tamaño: Esta en función de la velocidad.

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

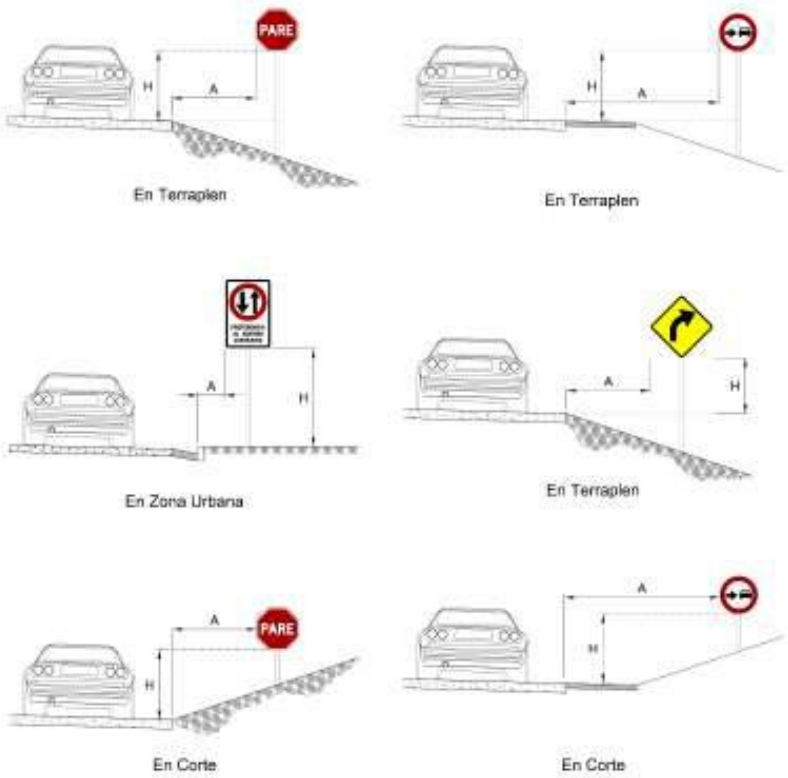
Figura Nº 7. Retrorreflexión

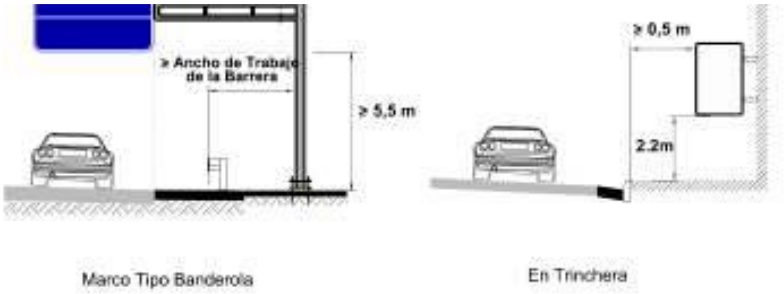


Fuente: Manual técnico Diseño de Carreteras en Bolivia (G. Claudio Pérez Droguet)

- Ubicación lateral: La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada.

Figura Nº 8. Ubicación transversal de señales verticales – distancia y altura





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Tabla Nº 6. Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)

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

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Función y clasificación de las señales verticales

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

1) **Señales preventivas:** Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
2) **Señales reglamentarias:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.
3) **Señales informativas:** Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios de sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

1) Señales preventivas

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

Forma

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción de CRUZ DE SAN ANDRES (SP 33), y las Placas de Refuerzo.

Color

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro.

Todos los colores, utilizados por ejemplo en la señal SP 35 Semáforo, con excepción del negro, deben cumplir con lo especificado.

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

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

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

Ubicación

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, CURVA pronunciada derecha (SP 4) o pendiente fuerte de bajada (SP 16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como cruces o bifurcaciones (SP 18 a SP 30).

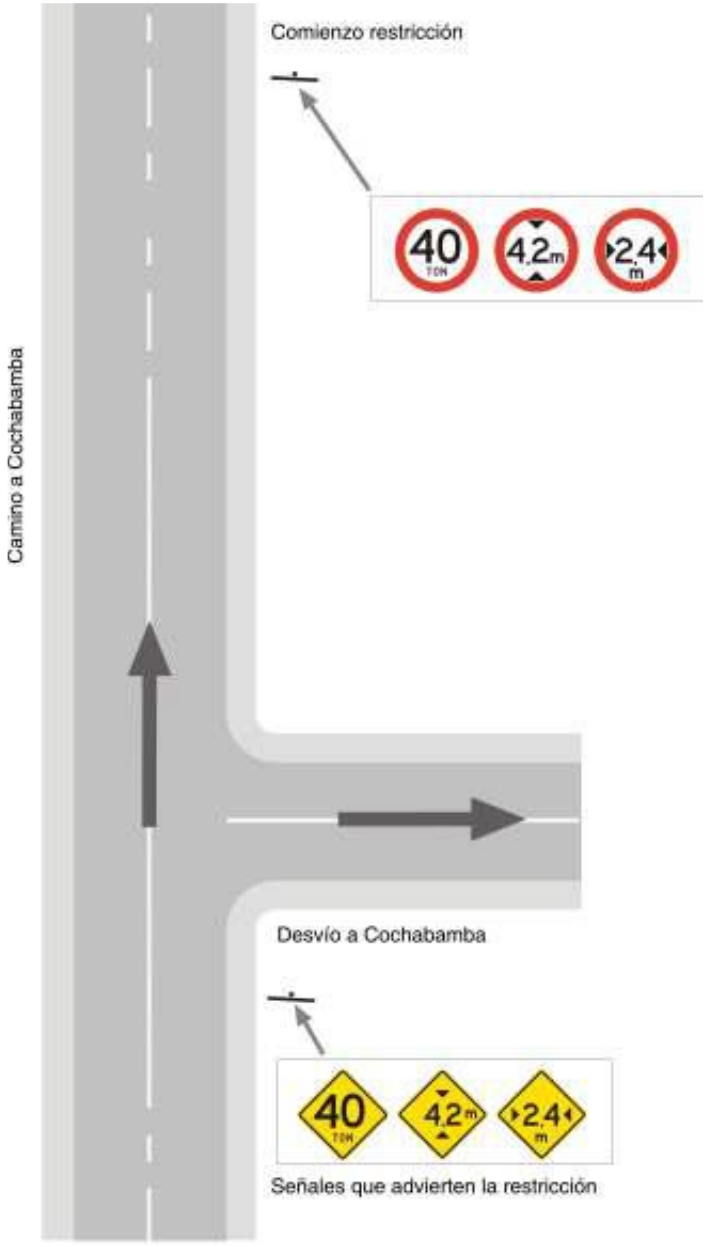
Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior (distancia = tiempo x velocidad máxima), no pudiendo ser dicha distancia menor a 50 m. Estas pueden ser ajustadas, hasta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

En el caso especial de las señales que advierten sobre restricciones en la vía, que afectan sólo a ciertos vehículos, ellas deben ubicarse antes del empalme con la ruta alternativa que evita la restricción o antes del lugar donde un vehículo afectado por la limitación pueda virar en “U”. Dicha ruta alternativa debe contar con señalización informativa que permita a los conductores retomar la vía original sin dificultad. En la se esquematiza esta situación.

Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia, como lo muestra la Figura 9.

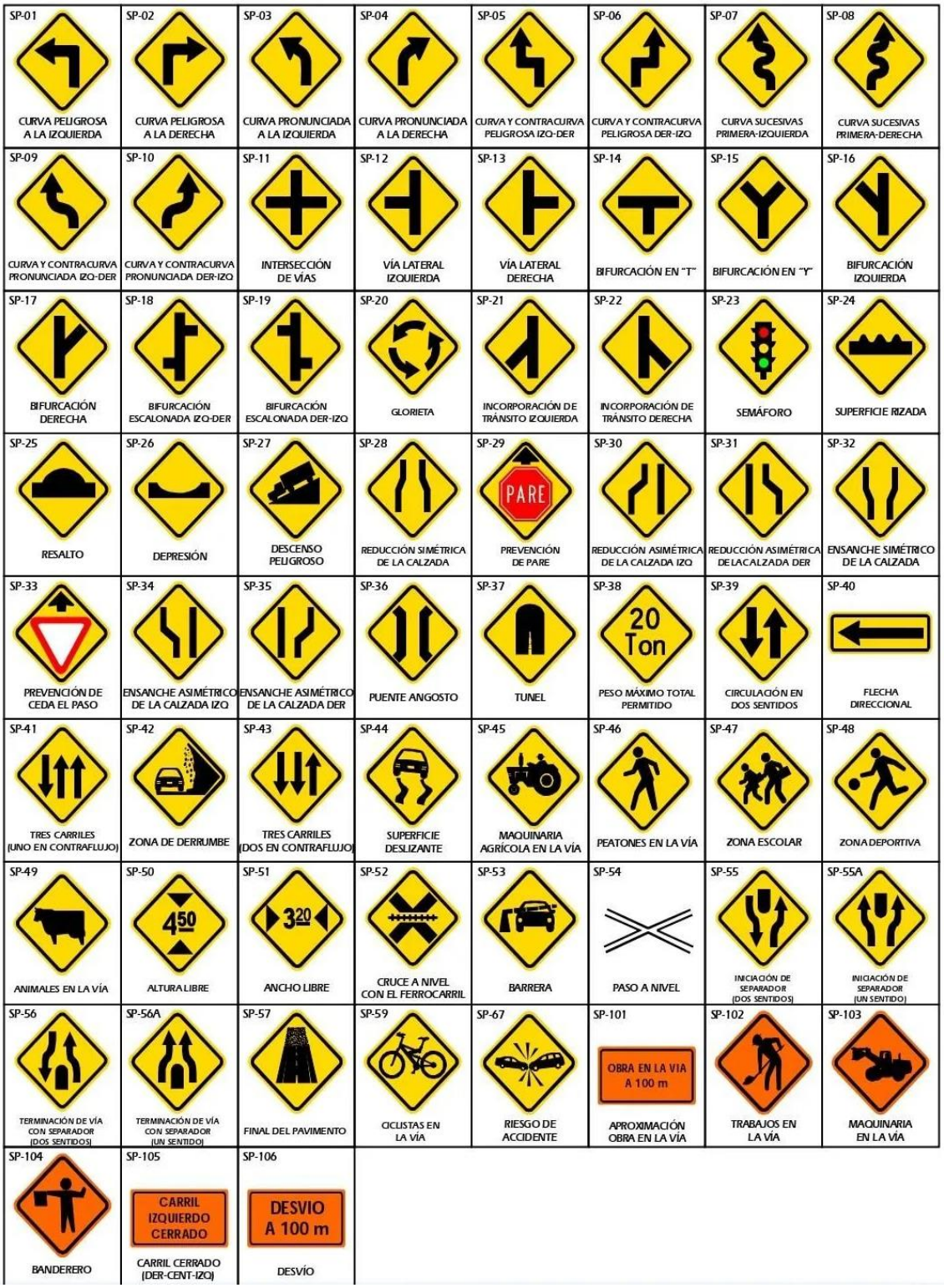
Si dicha distancia es menor a un kilómetro, la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.

Figura Nº 9. Ubicación de señales preventivas de restricción



Fuente: Manual técnico Diseño de Carreteras en Bolivia (G. Claudio Pérez Droguet)

Figura Nº 10. Clasificación de señales preventivas



Fuente: Manual técnico Diseño de Carreteras en Bolivia (G. Claudio Pérez Droguet)

2) Señales reglamentarias

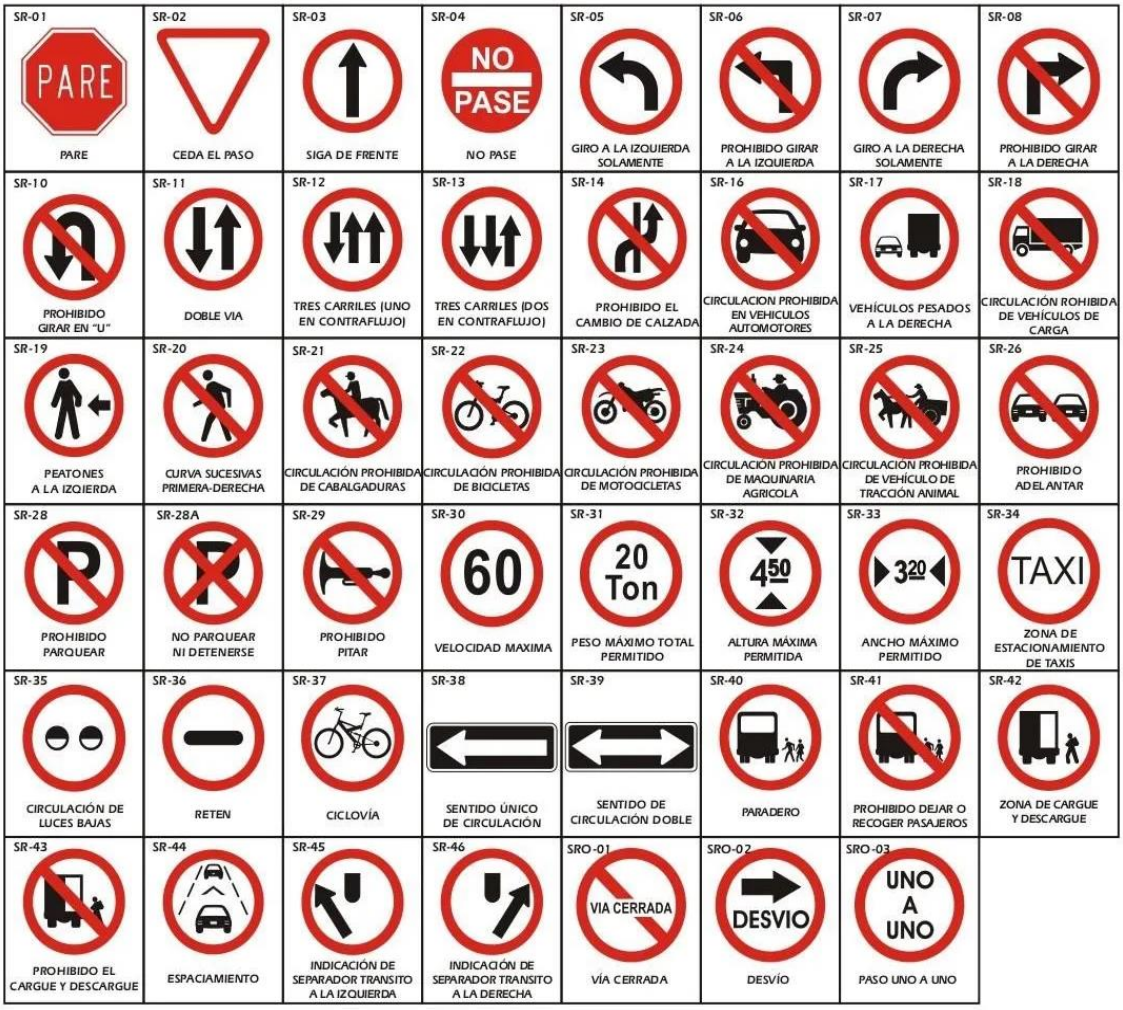
Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito y acarrea las sanciones previstas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

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

Clasificación

A continuación, se representa un resumen con todas las señales para luego describir para cada una su diagramación y los criterios para su utilización:

Figura Nº 11. Clasificación de señales reglamentarias



Fuente: Manual técnico Diseño de Carreteras en Bolivia (G. Claudio Pérez Droguet)

3) Señales informativas

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.

En particular se utilizan para informar sobre:

a. enlaces o empalmes con otras vías

b. pistas apropiadas para cada destino

c. direcciones hacia destinos, calles o rutas

d. inicio de la salida a otras vías

e. distancias a que se encuentran los destinos

f. nombres de rutas y calles

g. servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía

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

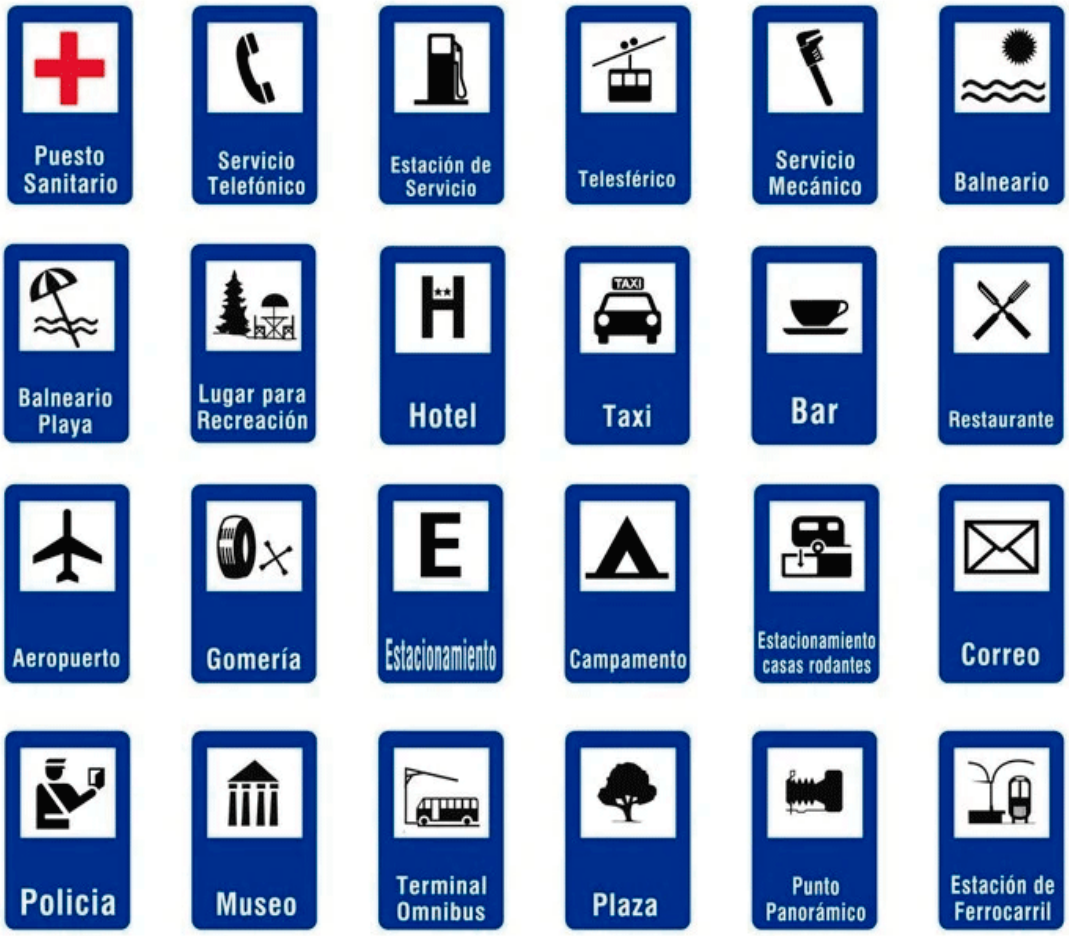
- De servicio (IS)
- De atractivo turístico (IT)
- Señales ambientales (IA)
- Otras señales para autopistas y autovías (IAA)
- Otras (IO)

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

Figura Nº 12. Clasificación de señales informativas

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Figura Nº 13. Clasificación de señales informativas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

2.23.2. Señalización horizontal

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

Según la altura: (Planas y Elevadas)

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

Según su forma

- Líneas longitudinales
- Líneas trasversales
- Símbolos y leyendas
- Otras demarcaciones

a) Líneas longitudinales

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 eje

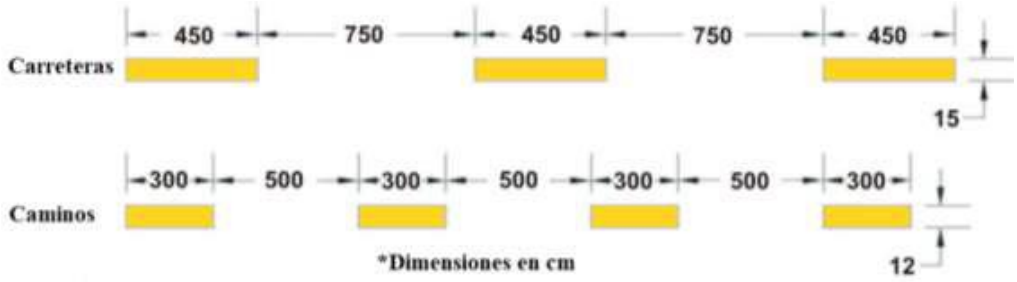
Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Estas líneas se ubican generalmente al centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual.

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

- **Línea amarilla discontinua**

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

Figura Nº 14. Diseño de líneas discontinuas

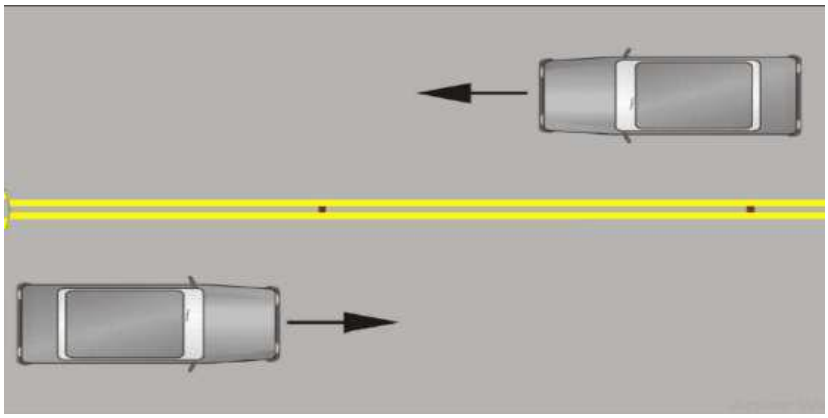


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

- **Línea doble amarilla continua**

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

Figura Nº 15. 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:
Segmentadas y Continuas.

- **Línea blanca discontinua**

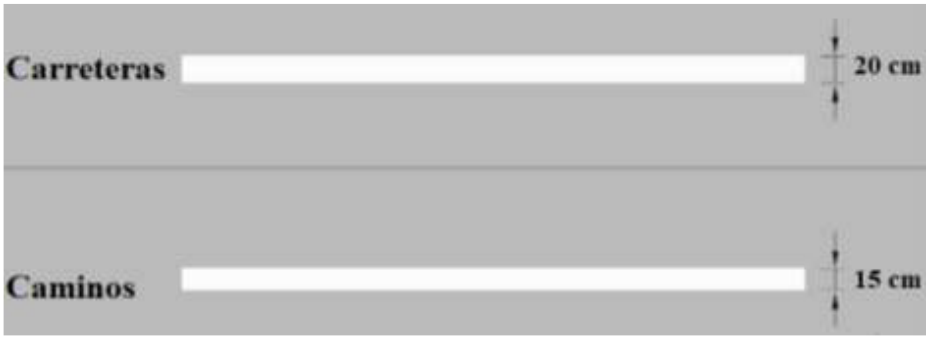
  Utilizadas para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo donde sí es permitida la maniobra de adelantamiento.

- **Línea blanca continua**

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

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

Figura Nº 16. Dimensiones de demarcación continua



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

b) Líneas trasversales

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

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. En vías urbanas con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 km/h, y en caminos, el ancho mínimo debe ser de 20 cm. En cambio, cuando se trate de vías urbanas con velocidades máximas superiores a 60 km/h, y en carreteras, el ancho mínimo será de 30 cm.

- **Cruce controlado por señal ceda el paso**

  En este caso, la línea de detención corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea segmentada doble y constituyendo un complemento a la señal vertical CEDA EL PASO (SR-2).

  Las líneas de detención indican al conductor que enfrenta la señal CEDA EL PASO, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo deberá detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

Las líneas de detención CEDA EL PASO deberán demarcarse siempre, y deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitudes de segmentos y brechas.

Figura Nº 17. Línea de detención ceda el paso

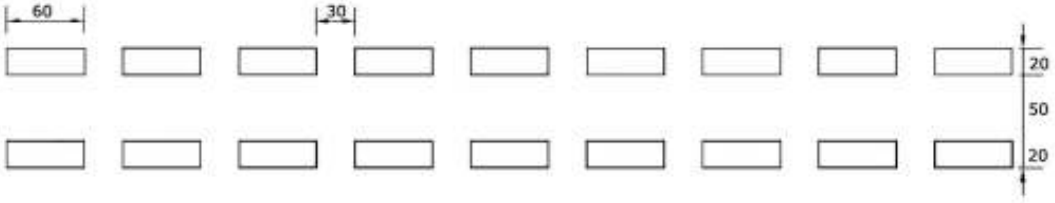
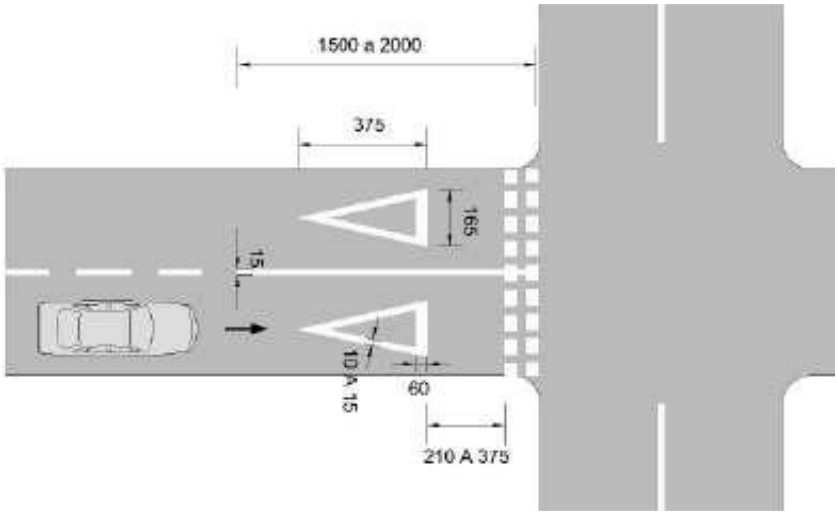


Figura Nº 18. Demarcación en cruce regulado señal ceda el paso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

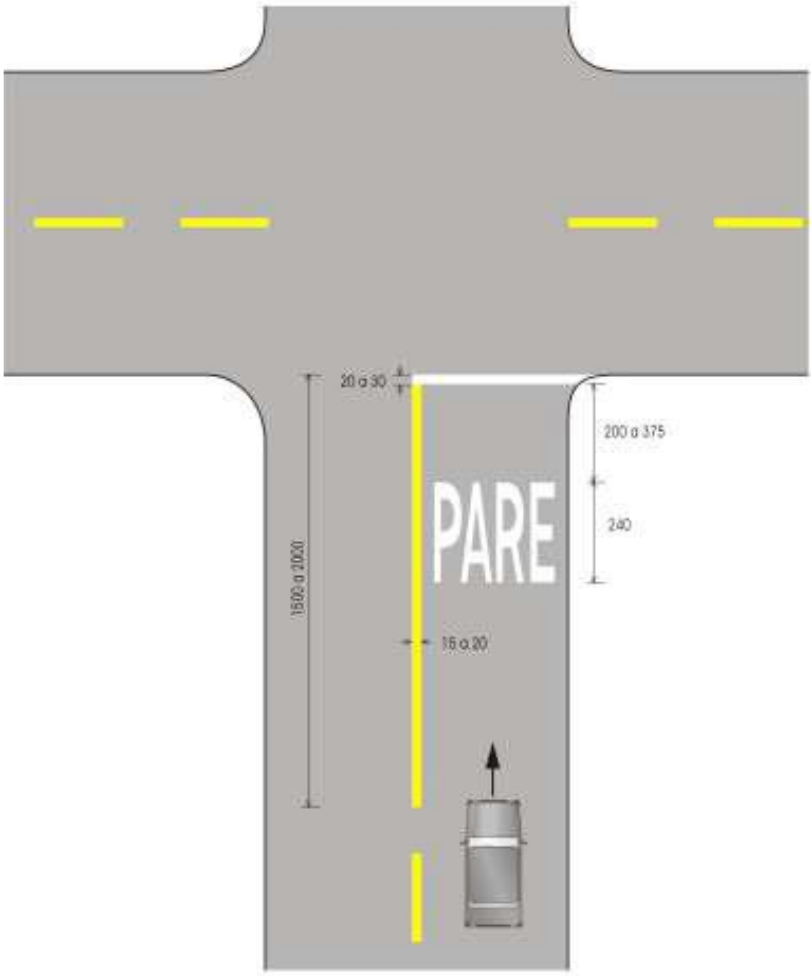
- **Cruce controlado por señal pare**

  La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal Pare, el lugar más próximo a la intersección 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 de detención deben demarcarse siempre, constituyendo una complementación de la señal vertical PARE (SR-1) y deberá presentar las características, en cuanto a ancho, mostradas en la Figura 19.

Figura Nº 19. Señalización horizontal en cruce regulado señal pare



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

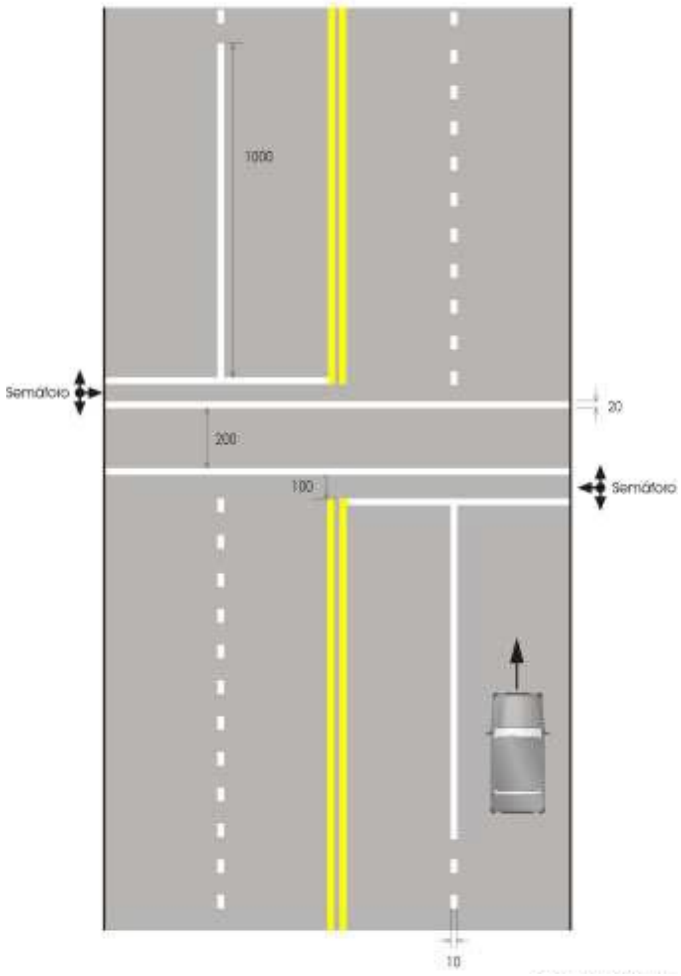
- **Cruce regulado por semáforo**

  La demarcación transversal de un cruce peatonal regulado por semáforo está compuesta 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, el lugar más próximo al paso peatonal regulado donde el vehículo tendrá que detenerse. Se deberá ubicar a un (1) metro, de la línea de borde de la senda peatonal.

  Estas líneas deben demarcarse siempre, constituyendo una complementación al sistema de semáforos y deberá presentar las características, en cuanto a ancho, mostradas en la Figura 20.

Figura Nº 20. Demarcación en cruce peatonal regulado por semáforo



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Líneas de cruce

Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra

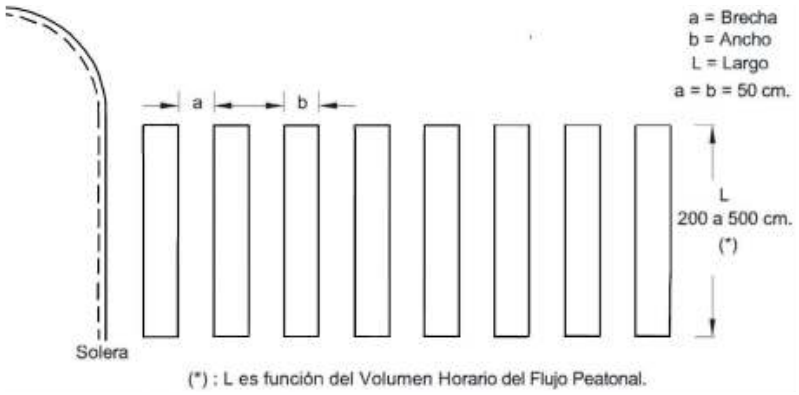
Esta demarcación, se utiliza para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta. Dicha zona se compone de una línea transversal segmentada, en que cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm, y un largo constante que puede variar entre 2,0 - 5,0 m según volumen del flujo peatonal que solicitara el cruce. El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm. de ésta.

La línea de detención asociada al cruce peatonal indicará al conductor que enfrenta un paso de cebra, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo deberá detenerse, tal como

se puede apreciar en la Figura 21. Misma exigencia deberán cumplir Pasos Peatonales Tipo Cebra emplazados en esquinas.

En casos especiales de alto tránsito peatonal, se podrá utilizar un ancho mayor, dependiendo de la evaluación que se efectúe en cada situación.

Figura Nº 21. Largo paso peatones frente a un alto flujo peatonal



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

c) 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

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

Leyendas

Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación.

d) Otras demarcaciones

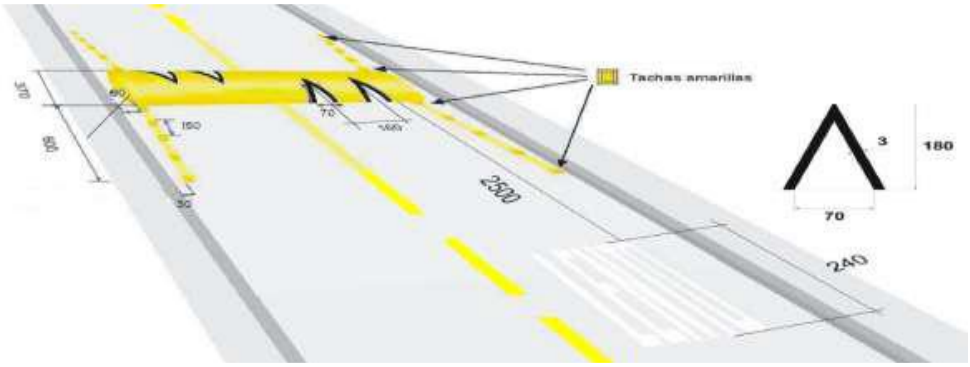
La demarcación de flechas y leyendas es blanca, se puede usar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc.

Resaltos

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. **(**ABC, 2004).

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

Figura Nº 22. Resalto



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

2.24. Semáforos

2.24.1. Definición

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones.

2.24.2. Función

La función principal de un semáforo en el control de una intersección es dar el paso alternativamente a los distintos grupos de vehículos y/o peatones, de tal manera que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras.

2.24.3. Tipos de Semáforos

Existen dos tipos de semáforos que son:

a) Semáforos Vehiculares

b) Semáforos Peatonales

2.24.4. Definiciones sobre los componentes del semáforo

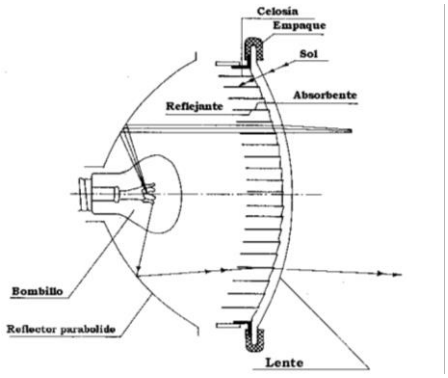
- **Cara:** es la parte del semáforo que regula uno o más movimientos de la circulación para vehículos provenientes de un solo sentido.

Figura Nº 23. Cara de un semáforo

Fuente: https://ww.semaforos.com.mx (sitio web)

- **Unidad óptica:** Conjunto formado por la lente, reflector, bombillo, porta bombillo y puerta. Da una sola indicación luminosa.

Figura Nº 24. Unidad óptica de un semáforo con el sistema para evitar el efecto



Fuente: Modificado de ASCON. (1990).

- **Cabeza:** es el conjunto de una o más caras del semáforo.
- **Lente:** es la parte de la unidad óptica, que por su refracción dirige la luz proveniente del bombillo y su reflector, hacia el conductor o peatón.
- **Indicación del semáforo:** es la iluminación de la lente o lentes del semáforo. Puede ser: roja, amarilla o verde. En países como Alemania y Suiza se utilizan otros colores como el azul y el blanco.
- **Unidad de control o controlador:** mecanismo que sirve para realizar los cambios de luces en el semáforo; se encuentra alojado en un gabinete.

Figura Nº 25. Unidad de control o controlador

Fuente: Folleto informativo de INMER. (1994). México, D. F. México.

- **Controlador maestro:** Es un semáforo tomado como referencia. En sistemas pequeños el equipo central de control puede estar en sus cercanías.
- **Fase**: Es la parte de un ciclo de un semáforo durante la cual uno o más movimientos reciben derecho de vía. Las fases se delimitarán en la vía cuando haya un cambio de derecho de paso, o sea, cuando un movimiento vehicular o peatonal es detenido y otro inicia, hay cambio de fase. Una fase se identifica con el comienzo de al menos un movimiento que gana el derecho de paso y termina con la finalización de al menos de un movimiento que lo pierde.
- **Intervalo:** Período de tiempo en el ciclo de un semáforo durante el cual las indicaciones no cambian en absoluto.

  Donde:

  ①...④ Movimientos vehiculares

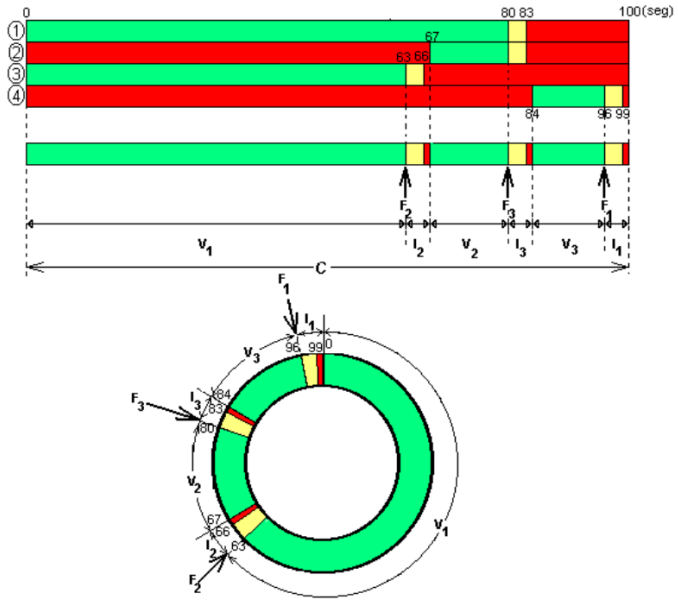
  Fi = Instante de inicio de la fase i del semáforo, con i de 1 a 3.

  Vi = Duración de la indicación verde del semáforo para la fase i.

  Ii = Duración del intervalo de entre verde de la fase i.

  C = Duración de ciclo en segundos.

Figura Nº 26. Diagrama de programación de tiempos del semáforo y ciclo



Fuente: Modificado de ASCON. (1990).

- **Ciclo:** Cualquier sucesión completa de las indicaciones de un semáforo.
- **Duración del ciclo (c):** Tiempo total en que un semáforo completa el ciclo.
- **Desfase:** Para fines de coordinación, es el número de segundos que tarda en aparecer la indicación de luz verde en un semáforo, después de un instante dado, que se toma como punto de referencia de tiempo. Puede ser expresado en % de ciclo, y también se usa para referirse al tiempo necesario para despejar intersecciones complejas.

2.24.5. Clasificación de semáforos

De acuerdo con el mecanismo de operación de sus unidades de control, según esto los semáforos se clasifican en:

a) Semáforos para el control del tránsito de vehículos: (los criterios utilizados para esta clase de semáforos son igualmente aplicables en ciclo rutas)

1. Semáforos pre sincronizados o de tiempos predeterminados (semáforos de tiempo fijo).
2. Semáforos accionados o activados por el tránsito.
   a. Totalmente accionados.
   b. Parcialmente accionados.

b) Semáforos para pasos peatonales:

1. En zonas de alto volumen peatonal.
2. En zonas escolares.

c) Semáforos especiales:

1. Semáforos de destello o intermitentes.
2. Semáforos para regular el uso de carriles.
3. Semáforos para puentes levadizos.
4. Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia.
5. Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes.

2.24.6. Ventajas y desventajas de los semáforos

Los semáforos son dispositivos valiosos para la regulación del tránsito de vehículos y peatones. Sin embargo, debido a que asignan el derecho de vía a los movimientos del tránsito en forma alternada, ejercen una gran influencia en el flujo vehicular.

Los semáforos si se instalan y funcionan correctamente, aportarán una o más de las siguientes ventajas:

a) Evitar conflictos entre vehículos o entre éstos y los peatones interrumpiendo periódicamente el tránsito en una vía, y permitiendo el paso libre de vehículos y peatones en la otra.

b) Ordenar el tránsito en un sentido determinado y, en ciertos casos, aumentar la capacidad de los carriles de circulación.

c) Disminuir la frecuencia de accidentes, especialmente colisiones en ángulo recto.

d) Bajo condiciones favorables, pueden ser coordinados para favorecer una circulación continua a una velocidad determinada, en un sentido dado.

Cuando las instalaciones de semáforos se justifican, pero están mal proyectadas o, por el contrario, no se justifican y se instalan, ocasionan las siguientes desventajas:

a) Demoras excesivas en el tránsito.

b) Fomentan la desobediencia a las indicaciones de los semáforos.

c) Inducen a usar rutas menos convenientes, para evitar dichos dispositivos.

d) Incrementan significativamente la frecuencia de ciertos accidentes (especialmente las colisiones por atrás). (Ascon, 1990).

2.24.7. Componentes del semáforo

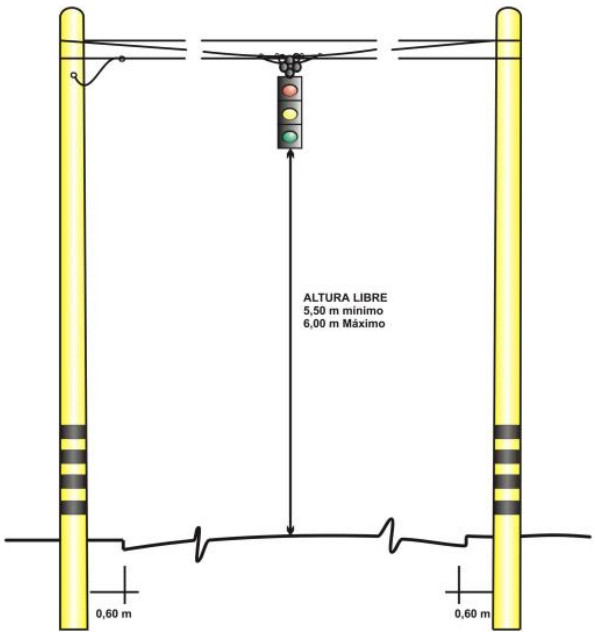
El semáforo consta de 2 partes (soporte y cabeza) los cuales se conforman por una serie de elementos físicos, como cara, lente, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se muestran a continuación:

2.24.7.1. Soporte: Es la estructura que sujeta la cabeza del semáforo y tienen como función situarlos elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones. Algunos elementos de soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales de las caras de los semáforos.

Por su ubicación en la intersección, los soportes se clasifican así:

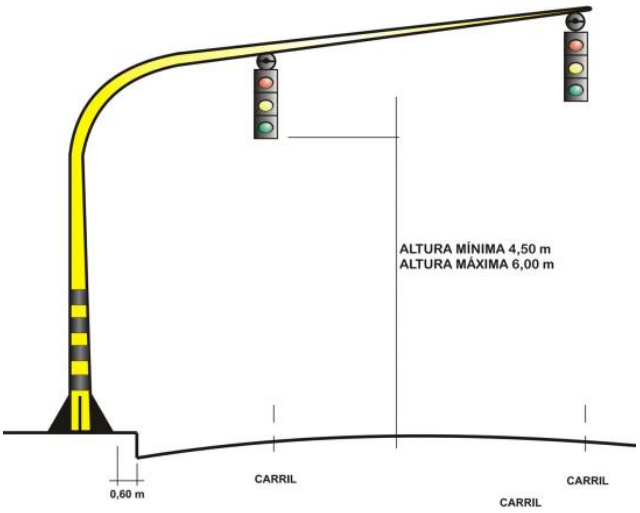
- **Ubicación a un lado de la vía:**
  - Postes
  - Ménsulas cortas
- **Ubicados en la vía:**
  - Ménsulas largas sujetas a postes laterales
  - Cables de suspensión
  - Postes y pedestales en islas

Figura Nº 27. Semáforo suspendido por cables



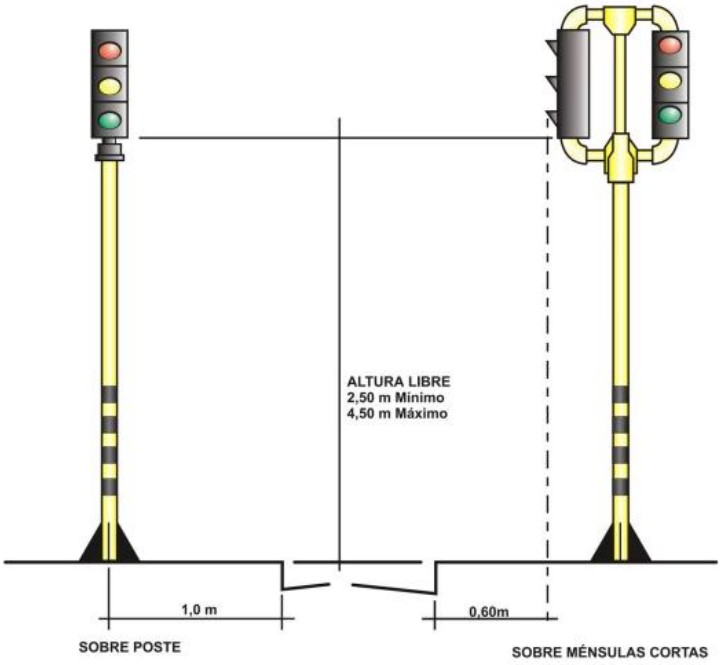
Fuente: Ingeniería de tráfico (Ronald Johnson)

Figura Nº 28. Semáforo suspendido en ménsula sujeta a poste lateral.



Fuente: Ingeniería de tráfico (Ronald Johnson)

Figura Nº 29. Semáforo en poste o ménsula corta.

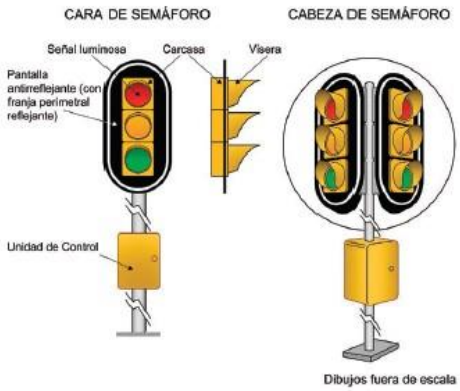


Fuente: Ingeniería de tráfico (Ronald Johnson)

2.24.7.2. Cabeza: Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

Se utilizan para señalizar y regular el tránsito de peatones, bicicletas o vehículos a motor y pueden constar de uno o más focos.

Figura Nº 30. Cabeza del semáforo



Fuente: https://ww.semaforos.com.mx (sitio web)

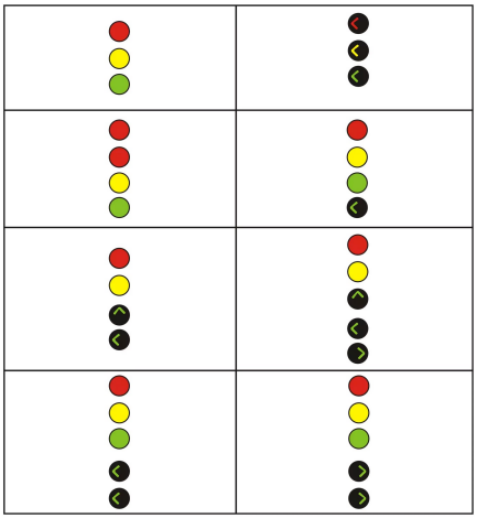
2.24.8. Elementos principales de la cabeza del semáforo

2.24.8.1. Visera: Es un componente que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.

2.24.8.2. Placa de contraste: También llamada pantalla antirreflejante. Es un componente opcional utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor. Su color de fondo debe ser oscuro sin brillo y no retro reflectivo. El ancho de la placa de contraste debe ser como mínimo el doble del ancho de la cara y la dimensión de los sobre anchos deben ser simétricos. Las inscripciones que lleven los módulos luminosos deben ser únicamente flechas y pictogramas del peatón o de una bicicleta.

2.24.8.3. Lente: La lente o señal luminosa es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la bombilla y de su reflector en la dirección deseada. El diámetro de los lentes es de 0.20m a 0.30m para instalaciones nuevas deben usarse lentes de 0.30m para asegurar su mejor visibilidad. Sus indicaciones deben distinguirse claramente desde una distancia minina de 300m en condiciones atmosféricas normales; tratándose de flechas direccionales, estas deben distinguirse desde una distancia mínima de 60m.Se recomienda que la cara de un semáforo tenga por lo menos tres lentes: rojo, amarillo y verde y cuando más, cinco lentes: rojo, ámbar, flecha de frente (↑), flecha izquierda (←) y flecha derecha (→).

Figura Nº 31. Disposición de los lentes en la cara de un semáforo



Fuente: Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones

2.24.8.4. Cara: La cara de un semáforo es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o bombillo y portalámpara) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, o más unidades ópticas para regular uno o más movimientos de circulación.

Por seguridad, se recomiendan dos caras para cada acceso a la intersección, que pueden complementarse con semáforos para peatones. Ya que el doble semáforo permite ver las indicaciones, aunque uno de ellos sea tapado por un vehículo grande, lo mismo que representa un factor de seguridad cuando hay exceso de anuncios luminosos o cuando se ha fundido alguna de las lámparas.

2.24.9. Tipos de semáforo para tránsito vehicular

Existen tres tipos de semáforos:

1. Semáforos de tiempo fijo.
2. semáforos accionados por el tránsito.
3. semáforos con control normalizado (con control centralizado mediante un puesto de control).

2.24.10. Semáforos de tiempos fijos

Son los que regulan el tránsito de acuerdo con uno o más programas de tiempos determinados previamente y que permanecen invariables. Las características de diseño de estos semáforos, permiten ajustarlos a las variaciones de los volúmenes de los vehículos en períodos de diseño particulares (Pico, valle, otro).

2.24.11. Parámetros básicos de control

a) **Ciclo:** Es el tiempo requerido para una secuencia completa de las indicaciones de un semáforo.

b) **Fase:** Parte del ciclo correspondiente a cualquier movimiento de vehículos o combinación de movimientos simultáneos, que reciben el derecho de paso durante uno o más intervalos. **Intervalo:** Tiempo que dura cualquier indicación del semáforo.

c) **Desfase:** Para fines de coordinación, es el número de segundos que tarda en aparecer la indicación verde en un semáforo, después de un instante dado, que se toma como punto de referencia temporal. Se expresa en segundos o en porcentaje de ciclo.

d) **Repartición o asignación del verde:** Es la porción del ciclo que ofrece un período verde a cada corriente de tránsito.

e) **Programa:** Son las instrucciones que definen la forma en que cada semáforo operará en el tiempo (intervalos, desfase, ciclo). Estas instrucciones se pueden transmitir como una serie de señales eléctricas o por radio a cada semáforo o controlador local. Hay un programa definido para cada período de diseño (Pico, valle, otro) para cada día típico (laboral de la semana, fin de semana y especiales, por ejemplo, cuando hay eventos con gran asistencia de personas). (Veizaga, 2006)

f) **Plan:** Es el conjunto de programas preparados para un día típico laboral de la semana, fin de semana o especial.

2.24.12. Requisitos básicos para la instalación de semáforos

De acuerdo a las recomendaciones que plantea la U.S. BUREAU OF PUBLIC ROADS, 1988, no deben instalarse semáforos en una intersección a menos que satisfagan dos o más de los requisitos que se mencionan a continuación:

a) Si se iguala o sobrepasa el volumen mínimo de vehículos.

b) Cuando es necesaria la interrupción de tránsito continuo.

c) Si se iguala o sobrepasa el volumen mínimo de peatones.

d) Para facilitar el movimiento progresivo de los vehículos.

e) Si existen antecedentes sobre accidentes.

f) Por la combinación de requisitos anteriores.

- Requisito 1. Volumen mínimo de vehículos: Este requisito se basa en los volúmenes vehiculares que usa la intersección y supone que es posible identificar una vía principal y una secundaria. Los volúmenes se miden en vehículos por hora (y no automóviles equivalentes).

Tabla Nº 7. Volumen vehicular mínimo

N° de carriles por cada acceso		Volumen mínimo veh/h			
Vía Principal	Vía Secundaria	Vía Principal en ambos accesos		Vía Secundaria en acceso de mayor ingreso	
		100%	80%	100%	80%
1	1	500	400	150	120
2 o más	1	600	480	150	120
2 o más	2 o más	600	480	200	160
1	2 o más	600	480	200	160

Fuente: Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones

- Requisito 2. Interrupción del tránsito continúo. Este requisito se aplica cuando las condiciones de circulación en la vía principal sean tales que el tránsito de la vía secundaria sufra demoras inusitadamente largas al entrar en la vía principal o al cruzarla. Este requisito se satisface cuando durante en cada una de cualquiera de las 8 horas de un día promedio, en la calle secundaria se tiene los volúmenes mínimos indicados en la tabla siguiente, y si la instalación de semáforos no trastorna el movimiento progresivo del tránsito.

Tabla Nº 8. Volumen vehicular mínimo

N° de carriles por cada acceso		Vía Principal		Vía Secundaria	
Vía Principal	Vía Secundaria	Total ambos accesos		En acceso mayor volumen	
		100%	80%	100%	80%
1	1	750	600	75	60
2 o más	1	900	720	75	60
2 o más	2 o más	900	720	100	80
1	2 o más	750	600	100	80

Fuente: Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones

Los volúmenes en las vías principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la vía secundaria, puede ser en otro acceso durante las demás horas. Si la velocidad media dentro de la cual está comprendido el 85% del tránsito de la vía principal excede de 60 km/h, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población con 10.000 habitantes o

menos, el requisito de interrupción de tránsito continuo se reduce al 70% de los volúmenes indicados en la tabla. (Veizaga, 2006).

Tabla Nº 9. Volumen mínimo de vehículos y peatones

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

Fuente: Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones

2.24.13. Características de los semáforos para el control del tránsito de vehículos

2.24.13.1. Aspectos generales

Las características de los semáforos que interesan tanto a los conductores como a los peatones, o sea, su ubicación, diseño, indicaciones y significados legales de los mismos son idénticos tanto para los de tiempo fijo como para los accionados por el tránsito, la diferencia consiste en el mecanismo que los rige.

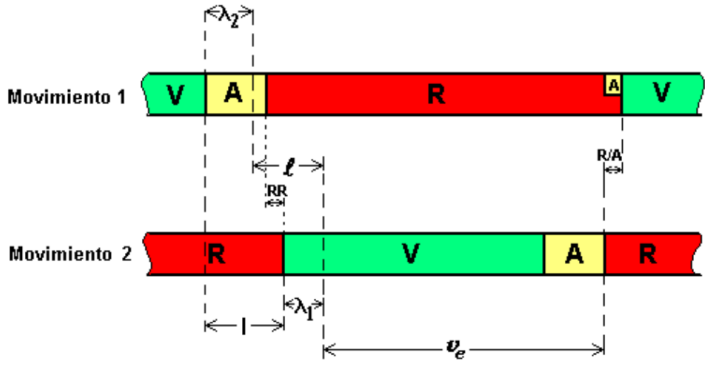
2.24.13.2. Número de lentes por cara de semáforo

De acuerdo a las recomendaciones del Departamento del Distrito Federal de México, 1987, las caras de un semáforo, excepto las de semáforos para peatones, deben tener por lo menos tres lentes: rojo, amarillo y verde.

Figura Nº 32. Posición de lentes en un semáforo vertical de cinco lentes.

Fuente: https://ww.semaforos.com.mx (sitio web)

Figura Nº 33. Ilustración de los intervalos de una fase del semáforo

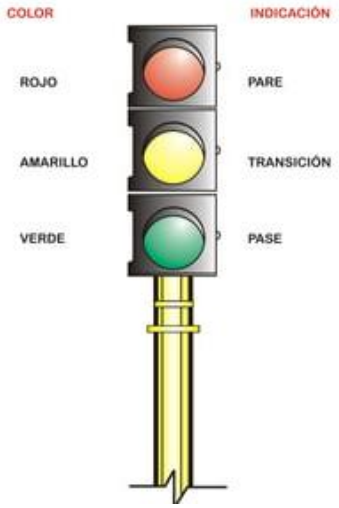


Fuente: Modificado de ASCON. (1990). Boletín informativo de Ascom Z.

2.24.13.3. Color y posición de los lentes

De acuerdo al Departamento del Distrito Federal de México, 1987. Es aconsejable que el soporte de la cara de los semáforos sea vertical y las lentes colocadas de arriba a abajo, en el siguiente orden: primero la roja, en el centro la amarilla y abajo la verde. Cuando se use disposición horizontal, se seguirá la misma secuencia de colores de izquierda a derecha.

Figura Nº 34. Color y posición de los lentes



Fuente: https://ww.semaforos.com.mx (sitio web)

2.24.14. Ubicación de los semáforos

Los semáforos de acuerdo al tipo de intersección deben ser ubicados en cada uno de los accesos de la intersección, totalmente visible a los conductores.

Pueden existir varias formas de ubicación de semáforos. (Ascon, 1990).

1) Semáforos independientes sobre postes
2) Semáforos con ménsula corta

3) Semáforo con ménsula larga
4) Semáforos colgantes

2.24.15. Características de los semáforos vehiculares

Los semáforos vehiculares están constituidos por los siguientes elementos:

a) Cabeza
b) Caras
c) Focos
d) Postes

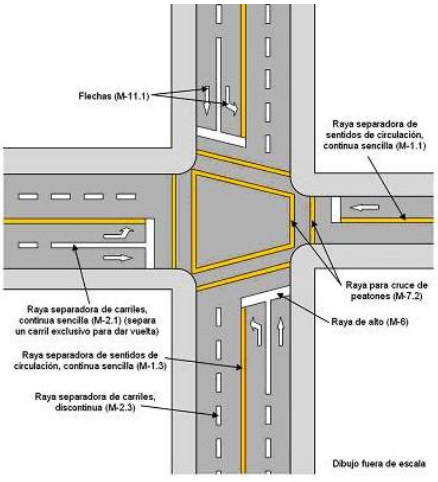
2.24.16. Condiciones de instalación

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

2.24.17. Cruce de peatones

Con el semáforo peatonal en verde se puede cruzar. Si está en rojo o titilando hay que esperar en la vereda. No hay que iniciar el cruce si hay vehículos atascados en la intersección, por más que el semáforo peatonal lo indique, ya que éstos pueden arrancar en cualquier momento. **(**ABC, 2004).

Figura Nº 35. Cruce de peatones



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS AVENIDAS BARRIENTOS ORTUÑO, BOLÍVAR Y LUIS DE FUENTES

3.1. Ubicación del proyecto

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Bermejo. Pertenece a la provincia de Arce del departamento de Tarija, la misma que se encuentra ubicada en el extremo sur del departamento, entre las coordenadas geográficas 22° 35’ 24” y 22° 52’ 09” de Latitud Sur y 64° 26’ 30” y 64° 14’ 55” de Longitud Oeste (22°35′24″S 64°14′55″O).

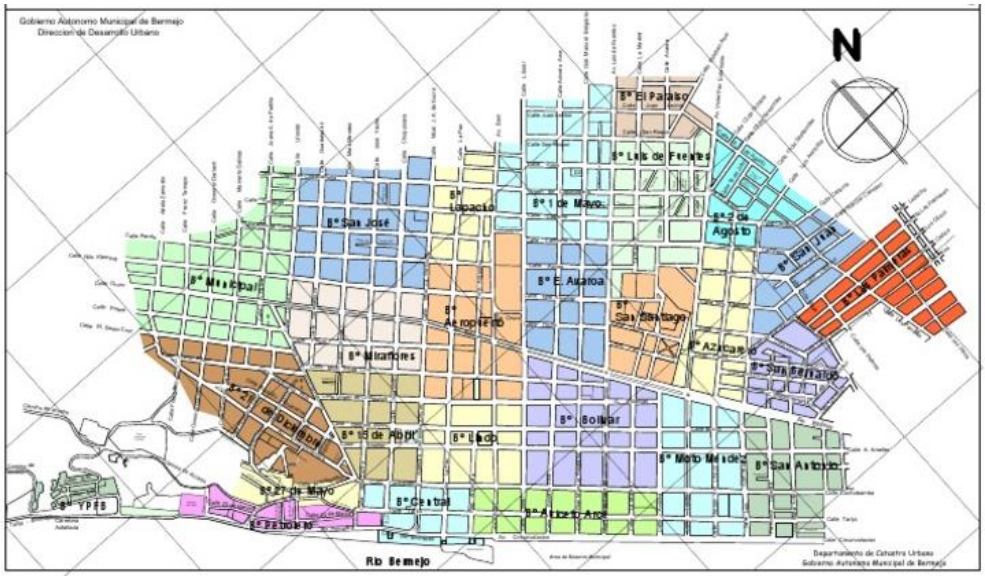
El estudio de tráfico vehicular fue realizado en la ciudad de Bermejo en las Avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de Fuentes de la Ciudad de Bermejo.

La avenida Barrientos Ortuño son de una sola vía y cuenta con siete intersecciones, la avenida Bolívar son de doble vía y cuenta con siete intersecciones y dos rotondas, la avenida Luis de Fuentes son de doble vía y cuenta con seis intersecciones.

Figura Nº 36. Ubicación geográfica del municipio de Bermejo

Fuente: https://www.udape.gob.bo/portales_html/portalSIG/atlasUdape1234567/atlas02_2001/id23.htm.

Figura Nº 37. Barrios de la ciudad de Bermejo



Fuente: https://www.udape.gob.bo/portales_html/portalSIG/atlasUdape1234567/atlas02_2001/id23.htm.

La ciudad de Bermejo como también las ciudades de los alrededores del mundo tienen una situación problemática del congestionamiento vehicular, al incremento de la población también aumenta los problemas de tráfico vehicular, en otros países con un índice de crecimiento alto optan por construir carreteras por encima de otras debito al alto congestionamiento vehicular.

Área de estudio de las Intersecciones de la ciudad de Bermejo son:

Figura Nº 38. Área de estudio de las 30 intersecciones

Fuente: Imagen satelital del Google Earth Pro

La delimitación del área de estudio es de 120 hectáreas.

Se realizó el estudio de 30 intersecciones en las avenidas principales de la Ciudad de Bermejo, tomando en cuenta las intersecciones que aportan el flujo vehicular a las avenidas en estudio.

3.2. Características de las avenidas en estudio

La avenida más transitable es la Av. Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de Fuentes donde se encuentra los mercados principales de la ciudad de Bermejo debido al flujo de vehículos livianos se provoca el congestionamiento, la avenida Luis de Fuentes es donde mayormente existe congestión vehicular.

Figura Nº 39. Lugar más transitado avenida Luis de Fuentes

Fuente: Elaboración Propia.

La avenida Luis de Fuentes es donde mayor congestión existe, más aún en las horas pico, al no haber un ordenamiento de estacionamiento de vehículos, falta de señalización como horizontal y vertical.

Figura Nº 40. Falta de señalización horizontal

Fuente: Elaboración Propia.

No existe la señalización horizontal, ya que estas señales tienen su función de proporcionar al conductor información para circular con seguridad.

Figura Nº 41. Señalización vertical

Fuente: Elaboración Propia

La señalización vertical requiere un mantenimiento porque no se notan con claridad, en algunas intersecciones no cuentan con señales verticales. La señal vertical cumple la función de reglamentar, advertir sobre peligros o informar acerca de direcciones y sentidos.

Figura Nº 42. Vehículos mal estacionados

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla Nº 10. Clases de vehículos considerados en el estudio

CODIGO	TIPO DE VEHÍCULO	FIGURA
1	Automóviles y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	
CSR	Camiones Semirremolque	
CR	Camiones Remolque	
12	Otros Vehículos	

Fuente: Elaboración Propia.

Para el estudio del proyecto se consideró los tipos de vehículos que se encuentran en la Tabla Nº 10.

3.3. Metodología de aforo

a) Aforo de un día

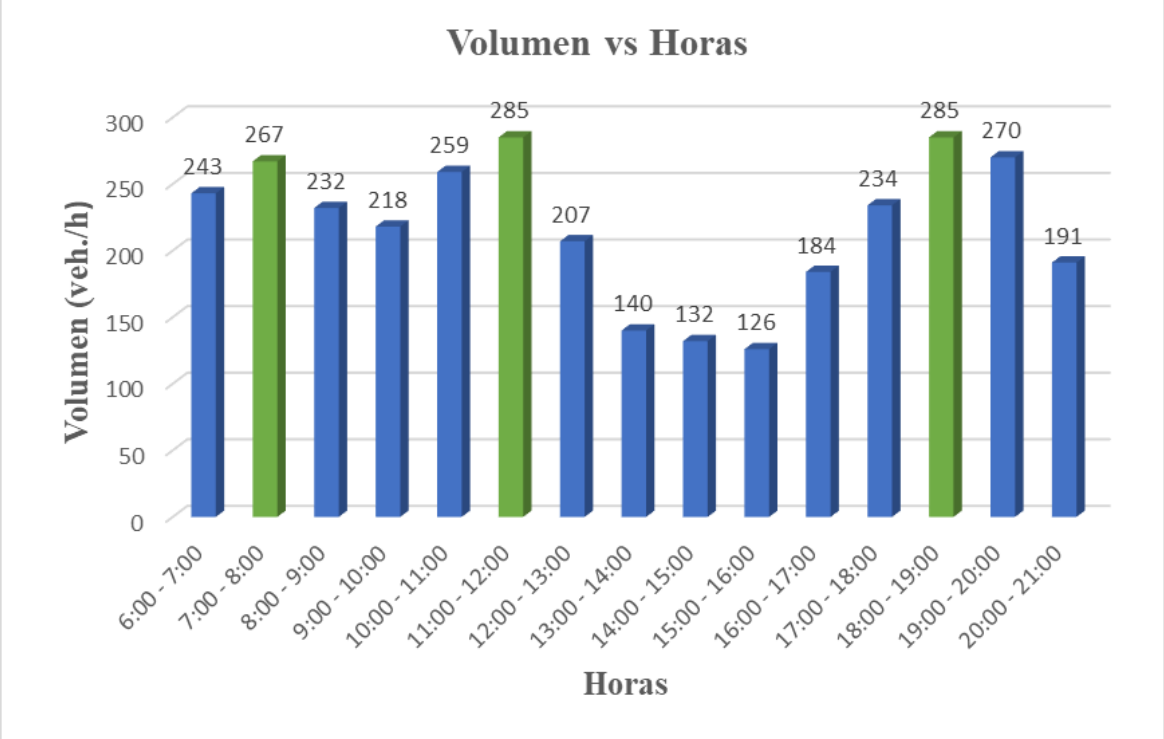
Se realizo el aforo un día lunes de 15 horas de 06.00 a.m. a 21.00 p.m. en la intersección 2 de la Av. Bolívar y Luis de Fuentes como de subida de N - S y bajada S – N para encontrar las horas pico del movimiento máximo de vehículos, y serán las horas que se realizara para aforar un mes de las 30 intersecciones en estudio.

Tabla Nº 11. Volumen de aforo hora pico intersección 2 (S-N)

Av. Bolívar – Av. Luis de Fuentes (S-N)	
Horas	**Volumen (Veh/h)**
6:00 - 7:00	243
7:00 - 8:00	**267**
8:00 - 9:00	232
9:00 - 10:00	218
10:00 - 11:00	259
11:00 - 12:00	**285**
12:00 - 13:00	207
13:00 - 14:00	140
14:00 - 15:00	132
15:00 - 16:00	126
16:00 - 17:00	184
17:00 - 18:00	234
18:00 - 19:00	**285**
19:00 - 20:00	270
20:00 - 21:00	191

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico Nº 3. Volumen de aforo hora pico



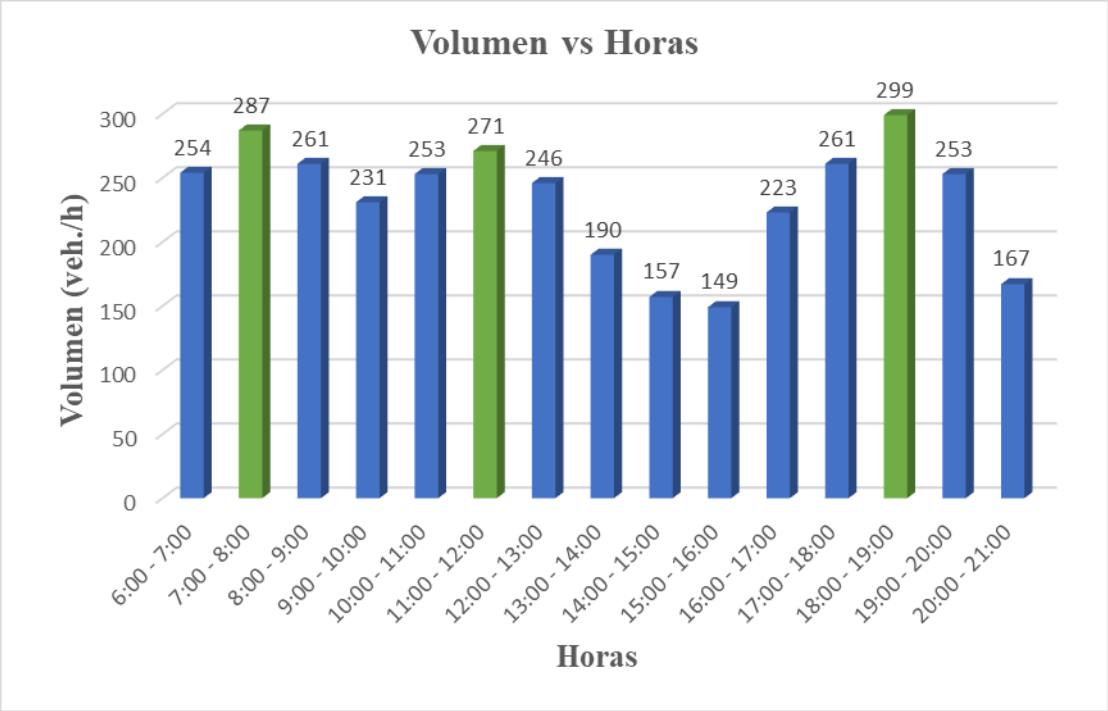
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla Nº 12. Volumen de aforo hora pico intersección 2 (N-S)

Av. Bolívar – Av. Luis de Fuentes (N-S)	
Horas	**Volumen (Veh/h)**
6:00 - 7:00	254
7:00 - 8:00	**287**
8:00 - 9:00	261
9:00 - 10:00	231
10:00 - 11:00	253
11:00 - 12:00	**271**
12:00 - 13:00	246
13:00 - 14:00	190
14:00 - 15:00	157
15:00 - 16:00	149
16:00 - 17:00	223
17:00 - 18:00	261
18:00 - 19:00	**299**
19:00 - 20:00	253
20:00 - 21:00	167

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico Nº 4. Volumen de aforo hora pico



Fuente: Elaboración Propia.

b) Aforo de una Semana

Se realizó el aforo de una semana en las tres horas pico de 1 hora en cada acceso de la intersección 2 de la Avenida Bolívar y Luis de Fuentes. Los días de mayor circulación vehicular son: lunes, miércoles y sábado estos días se realizó el aforo durante un mes de cada intersección, con sus respectivos accesos.

Tabla Nº 13. Volumen de aforo (veh/hr.) de una semana intersección 2

Accesos	**Intersección 2 (Av. Bolívar-Luis de Fuentes)**					
Z1	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Sábado**	**Domingo**
7:00 - 8:00	380	372	320	312	276	220
11:00 - 12:00	336	324	324	308	252	244
18:00 - 19:00	488	416	464	408	428	200
Z2	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Sábado**	**Domingo**
7:00 - 8:00	236	192	200	188	204	188
11:00 - 12:00	256	220	244	220	240	200
18:00 - 19:00	264	248	257	232	236	196
Z3	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Sábado**	**Domingo**
7:00 - 8:00	296	268	292	272	294	168
11:00 - 12:00	280	272	276	224	240	200
18:00 - 19:00	332	292	326	296	384	292
Z4	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Sábado**	**Domingo**
7:00 - 8:00	240	200	220	188	200	144
11:00 - 12:00	264	248	250	200	208	160
18:00 - 19:00	264	232	248	212	240	180

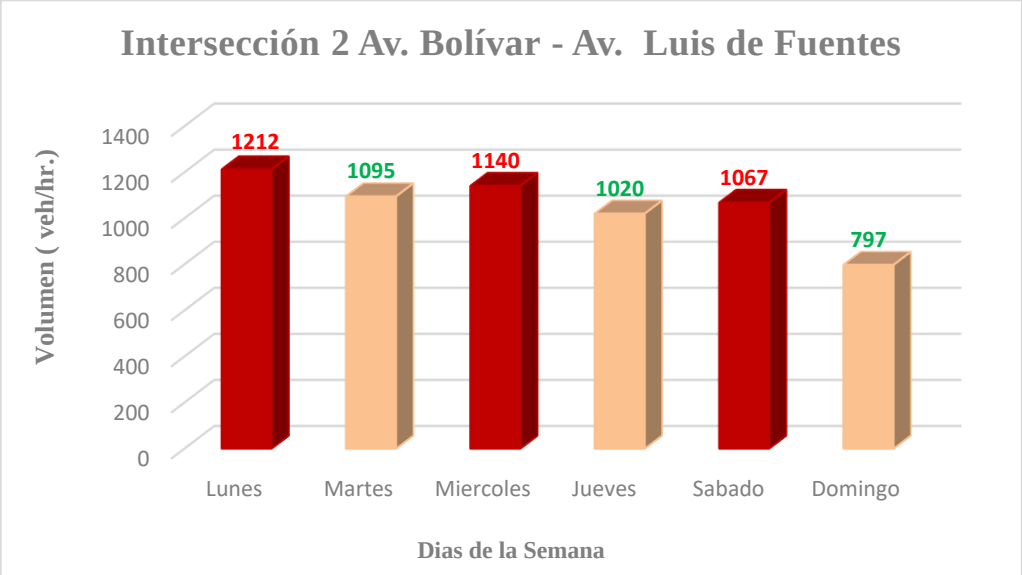
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla Nº 14. Promedio de aforo de las tres horas (TPH)

Intersección 2	**Promedio de las tres horas Pico TPH (veh/hr)**					
Accesos	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**sábado**	**Domingo**
Z1	401	371	369	343	319	221
Z2	252	220	234	213	227	195
Z3	303	277	298	264	306	220
Z4	256	227	239	200	216	161
Total	**1212**	**1095**	**1140**	**1020**	**1067**	**797**

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico Nº 5. Volumen de aforo de una semana



Fuente: Elaboración Propia.

c) Aforo de un mes

Para los aforos de volúmenes de un mes se realizó los meses de octubre, noviembre del 2023 y febrero, marzo, abril y mayo del 2024, los tres días a la semana como 2 días hábiles como lunes y miércoles, y un día no hábil el día sábado. Durante un periodo de estudio de un mes se aforo considerando los giros ala izquierda, de frente y giro ala derecha, en las horas pico de las 30 intersecciones de cada acceso. Se considero el aforo de los diferentes tipos de vehículos como se observa en la Tabla Nº 10. Tipos de vehículo. Se utilizó el método manual para realizar el conteo de vehículos porque este método toma en cuenta varias variables como el tipo de vehículos si es liviano, mediano o pesado.

Para calcular el TPH de cada acceso de las 30 intersecciones se utilizó según la norma AASTHO indicadores estadístico como la media aritmética y la desviación estándar.

3.4. Obtención de parámetros de tráfico vehicular en la zona en estudio

3.4.1. Procesamiento de volumen vehicular

En la Tabla 15, 16, 17, y 18 se muestra un ejemplo de la intersección 1 de la planilla de aforo realizado en la zona en estudio, obteniendo el sumatorio total de cada acceso.

INTERSECCION 1 AV. BOLIVAR – AV. VICTOR PAZ ESTENSORO

Tabla Nº 15. Ejemplo aforo primera semana

INTERSECCIÓN 1																																						
Días	Hora	Ahutomoviles			Vagonetas			Camionetas			Buses										Camiones																	TOTAL
											Minibuses			Microbuses			Buses Medianos			Buses Grandes			amiones Mediano			amiones G. 2 eje			amiones G. 3 eje			C. Semirremolque			C. Remolque			
Lunes		GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	29	118	16	8	51	8	4	40	8		3		4												7			4									300
	11:00 - 12:00	40	98	20	12	35	16	8	25	12		7												4		4												281
	18:00 - 19:00	16	90	24	8	13	12	8	28	8		4											4	5	4	4				3	4							235
Acceso Z2	7:00 - 8:00	20	40	16	16	45	12		12	4			4			7									8	7		4		5								200
	11:00 - 12:00	24	52	24	20	38	16	12	25	8													4	4		4												231
	18:00 - 19:00	28	55	32	24	67	8		11																													225
Aceso Z3	7:00 - 8:00	120	84	76	72	57	24	12	7	4	4																											460
	11:00 - 12:00	92	43	40	28	15	16	12	6	8	8												8			4												280
	18:00 - 19:00	120	72	56	72	81	16	12	9		9															3												450
Aceso Z4	7:00 - 8:00	16	82	100	8	54	20			12			8										4		4							4			8			320
	11:00 - 12:00	8	43	60	8	13	36		6				12											2					4			4		4			200
	18:00 - 19:00	4	62	48	4	27	40		4	9			8													3												209
Miercoles	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	24	101	8	4	35	4		29	4		4		4		4										4				4								229
	11:00 - 12:00	32	78	16	8	28	12	8	21	8	4	4											4		4	2	4											233
	18:00 - 19:00	12	91	16	4	20	6	8	40	9		7	4										8	4	4	4	5	4		4								250
Acceso Z2	7:00 - 8:00	16	64	18	25	59	12		4	4			8			4									4	8		4										230
	11:00 - 12:00	20	56	16	16	39	8	8	16	4													4	3	4	4	8	4										210
	18:00 - 19:00	12	48	28	34	56	12		8																													198
Aceso Z3	7:00 - 8:00	100	56	60	52	61	20	12	3	8	4	4											4		4													388
	11:00 - 12:00	88	35	63	40	28	18	8	8	4	12	5											4			8		4	3									328
	18:00 - 19:00	116	65	48	68	75	11	16	12		4	7														3												425
Aceso Z4	7:00 - 8:00	4	70	88	8	35	16			4			8										4	3	4							4			8			256
	11:00 - 12:00	8	55	72	4	18	40		4				12											4		4		4		4		4						233
	18:00 - 19:00	4	47	58	8	33	44		8	4			4											8		8			4									230
Sabado	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	16	82	12	8	36	4	4	22			4														4			8									200
	11:00 - 12:00	20	67	16	4	32	12	8	16	4																	4		4									187
	18:00 - 19:00	12	72	24	12	58	16	8	15	4																4			3									228
Acceso Z2	7:00 - 8:00	20	47	16	20	61	12		8																		4											188
	11:00 - 12:00	32	43	12	16	52	8	4	12																	4												183
	18:00 - 19:00	16	40	20	20	40	12	4	8																													160
Aceso Z3	7:00 - 8:00	112	49	44	52	43	16	8	4	4	4												4															340
	11:00 - 12:00	80	39	44	56	17	24	12	4		8															4												288
	18:00 - 19:00	120	70	48	48	78	8	8	4		4																											388
Aceso Z4	7:00 - 8:00	8	61	48	4	39	8			8			8												4							8			4			200
	11:00 - 12:00	4	35	60		21	36		4	4			8											4					4									180
	18:00 - 19:00	8	36	50	4	28	30		4	8			4												4													176

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 16. Ejemplo aforo segunda semana

INTERSECCIÓN 1																																						
Días	Hora	Ahutomoviles			Vagonetas			Camionetas			Buses										Camiones																	TOTAL
											Minibuses			Microbuses			Buses Medianos			Buses Grandes			amiones Mediano			amiones G. 2 eje			amiones G. 3 eje			C. Semirremolque			C. Remolque			
Lunes		GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	24	116	8	4	44	4		24	4		4		4		4										4												248
	11:00 - 12:00	32	76	16	8	28	12	8	22	8	4	4														4		4		2	4							232
	18:00 - 19:00	12	84	16	4	16	6	8	36	9		4	4													1	2	4	4	4	2		2					218
Acceso Z2	7:00 - 8:00	16	60	18	25	58	12		4	4			8			4									4			8		4								225
	11:00 - 12:00	22	50	18	16	32	8	8	24	4																4	4	3	4	4	4							205
	18:00 - 19:00	14	54	28	34	60	12		10																													212
Aceso Z3	7:00 - 8:00	104	60	64	50	68	24	12	10	8	4	4														1		1										410
	11:00 - 12:00	88	40	64	40	24	18	8	4	4	10	4														4				4	4							320
	18:00 - 19:00	120	71	52	72	80	16	20	12		4	4																		1								452
Aceso Z4	7:00 - 8:00	8	92	92	8	48	32			4			4													1	1	1						1			4		296
	11:00 - 12:00	8	48	68	4	20	48		1				8														1			1			1		1			210
	18:00 - 19:00	4	46	60	8	32	44		8	4			4														4			4			1					219
Miercoles	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	18	100	16	8	60	4	4	44			4																	4			8						270
	11:00 - 12:00	44	92	16	4	62	10	8	32	4																				4		4						280
	18:00 - 19:00	24	88	24	12	60	16	8	16	4																			4			4						260
Acceso Z2	7:00 - 8:00	18	63	16	16	76	12		10																					4								215
	11:00 - 12:00	32	60	12	16	72	8	4	12																				4									220
	18:00 - 19:00	20	36	32	24	48	12	8	20																													200
Aceso Z3	7:00 - 8:00	128	68	44	54	52	16	8	8	4	4															4												390
	11:00 - 12:00	80	40	44	56	16	24	12	4		8																		4									288
	18:00 - 19:00	132	80	52	48	92	8	8	9		4																											433
Aceso Z4	7:00 - 8:00	12	106	52	4	60	12			4			4															4						8		4			270
	11:00 - 12:00	4	68	60		32	40		4	4			4														4					4						224
	18:00 - 19:00	8	32	60	4	32	52		4	4			4														4												204
Sabado	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	20	88	20	4	40	4	8	36			4																	4			8						236
	11:00 - 12:00	24	60	24	8	44	8	8	20	4																				4		4						212
	18:00 - 19:00	8	64	12	4	46	12	4	12	4																				1		4						171
Acceso Z2	7:00 - 8:00	28	57	20	12	52	8		8																					4	4							193
	11:00 - 12:00	32	48	16	20	32	8	4	16																					1								177
	18:00 - 19:00	14	32	28	20	28	8	8	8																					4								150
Aceso Z3	7:00 - 8:00	104	48	40	40	40	20	8	8	4	4															4												320
	11:00 - 12:00	48	36	50	32	12	24	4	4		8																			4								222
	18:00 - 19:00	124	100	52	52	72	12	4	4		4																			4								428
Aceso Z4	7:00 - 8:00	12	68	52	8	52	20			8			8															4					8			4			244
	11:00 - 12:00	12	32	52	4	31	28		4	4			8														4					4						183
	18:00 - 19:00	4	40	52	4	29	40		4	8			4														4												189

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Nº 17. Ejemplo aforo tercera semana

INTERSECCIÓN 1																																							
Días	Hora	Ahutomoviles			Vagonetas			Camionetas			Buses																													TOTAL
											Minibuses			Microbuses			Buses Medianos			Buses Grandes			Camiones																
																								amiones Mediano			amiones G. 2 eje			amiones G. 3 eje			C. Semirremolque			C. Remolque			
Lunes		GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	16	100	16	8	44	8	4	25	8		4		4													4			4									245
	11:00 - 12:00	40	72	24	12	28	16	8	24	12		4													4		4												248
	18:00 - 19:00	16	112	25	8	16	12	8	32	8		4												4	12	4		4			4	4							273
Acceso Z2	7:00 - 8:00	16	60	16	16	54	12		12	4			4			8											4			4		1		1						212
	11:00 - 12:00	24	34	24	20	28	16	12	12	8														4	4			4											190
	18:00 - 19:00	20	40	32	24	64	8		12																														200
Acceso Z3	7:00 - 8:00	100	60	68	60	60	24	12	8	4	4																												400
	11:00 - 12:00	92	72	40	28	20	16	12	8	8	8													8				3											315
	18:00 - 19:00	130	72	56	72	92	16	12	8		8																	4											470
Acceso Z4	7:00 - 8:00	12	32	83	8	40	12			8			8											4		4							4						215
	11:00 - 12:00	8	52	80	16	24	40		10				12												4						2			1		1		250
	18:00 - 19:00	4	56	44	4	28	40		4	8			8															4											200
Miercoles	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	24	102	8	4	40	4		45	4		4		4		4																							251
	11:00 - 12:00	32	74	16	8	28	12	8	16	8	4	4												4		4		2	4										224
	18:00 - 19:00	12	88	16	4	20	6	8	40	9		8	4											9	4	4	4	4	4		4								248
Acceso Z2	7:00 - 8:00	16	92	18	16	72	12		4	4			4			4										1		4		1									248
	11:00 - 12:00	20	72	16	16	32	8	8	17	4														4	4	4	4	8	4										221
	18:00 - 19:00	12	48	28	34	72	12		8																														214
Acceso Z3	7:00 - 8:00	100	44	60	52	60	20	12	4	8	4	4												4		4													376
	11:00 - 12:00	88	44	54	40	28	18	8	8	4	12	4												4				8		4	4								328
	18:00 - 19:00	132	64	48	68	84	21	16	12		4	8																4											461
Acceso Z4	7:00 - 8:00	4	52	88	8	44	16			4			8											4	8	4							4			4			248
	11:00 - 12:00	8	36	72	4	20	40		4				12												4			4		4		4		4					216
	18:00 - 19:00	4	59	58	8	32	44		12	4			4												8			8			4								245
Sabado	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	24	80	12	8	52	4	4	20			4																4			8								220
	11:00 - 12:00	44	60	16	4	48	12	8	28	4																			4		4								232
	18:00 - 19:00	12	42	24	12	31	16	8	12	4																		4			4								169
Acceso Z2	7:00 - 8:00	20	40	16	20	80	12		8																				4										200
	11:00 - 12:00	32	52	12	16	32	8	4	12																			3											171
	18:00 - 19:00	32	44	20	20	48	12	4	8																														188
Acceso Z3	7:00 - 8:00	125	60	44	52	52	16	8	4	4	4													4															373
	11:00 - 12:00	80	44	44	56	36	24	12	4		8																	4											312
	18:00 - 19:00	132	72	48	48	104	8	8	4		4																												428
Acceso Z4	7:00 - 8:00	20	80	60	4	68	12			12			8													4							8			4			280
	11:00 - 12:00	12	40	65		24	36		4	4			8												4						4								201
	18:00 - 19:00	8	52	50	4	44	30		4	8			4													1													205

Fuente: Elaboración Propia

Tabla Nº 18. Ejemplo aforo cuarta semana

INTERSECCIÓN 1																																							
Días	Hora	Ahutomoviles			Vagonetas			Camionetas			Buses																													TOTAL
											Minibuses			Microbuses			Buses Medianos						Camiones																
																								amiones Mediano			amiones G. 2 eje			amiones G. 3 eje			C. Semirremolque			C. Remolque			
Lunes		GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	32	100	16	8	44	8	4	28	8		4		4													8			4									268
	11:00 - 12:00	44	82	20	12	26	16	8	24	12		8													4		4												260
	18:00 - 19:00	16	80	12	8	12	12	8	12	8		4												4	8	4		4			4	4							200
Acceso Z2	7:00 - 8:00	28	52	16	16	48	12		12	4			4			8										8			8		4		4						224
	11:00 - 12:00	24	64	24	20	44	16	12	20	8														4	4			4											244
	18:00 - 19:00	28	52	32	24	54	8		12																														210
Acceso Z3	7:00 - 8:00	104	80	84	72	68	24	12	8	4	4																												460
	11:00 - 12:00	92	64	40	28	22	16	12	8	8	8													8				4											310
	18:00 - 19:00	128	82	56	72	69	16	12	8		8																	4											455
Acceso Z4	7:00 - 8:00	20	49	70	8	32	20			8			8											4		4							4			8			235
	11:00 - 12:00	16	52	60	8	24	36		8				12												4						4			4		4			232
	18:00 - 19:00	4	83	48	4	28	40		4	8			8															4											231
Miercoles	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	28	108	8	4	40	4		28	4		4		4		4												4			4								244
	11:00 - 12:00	52	94	16	8	44	12	8	28	8	4	4												4		4		2	4										292
	18:00 - 19:00	16	54	16	4	16	6	8	28	4		4	4											4	4	4	4	4	4		4								188
Acceso Z2	7:00 - 8:00	20	50	18	25	59	12		4	4			8			4										4		8		4									220
	11:00 - 12:00	32	56	16	16	30	8	8	14	4														4	4	4	4	8	4										212
	18:00 - 19:00	8	48	28	34	54	12		8																														192
Aceso Z3	7:00 - 8:00	88	56	60	52	64	20	12	4	8	4	4												4		4													380
	11:00 - 12:00	78	40	64	40	28	18	8	8	4	12	4												4				8		4	4								324
	18:00 - 19:00	120	72	48	68	76	12	16	12		4	8																4											440
Aceso Z4	7:00 - 8:00	18	92	80	8	60	16			4			8											4	4	4							4			8			310
	11:00 - 12:00	12	60	72	4	20	40		4				12												4			4		4		4		4					244
	18:00 - 19:00	8	52	44	8	32	44		8	4			4												8			8			4								224
Sabado	2/11/2023	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Acceso Z1	7:00 - 8:00	12	92	14	8	52	4	4	28			4																4				8							230
	11:00 - 12:00	24	60	16	4	36	12	8	16	4																			4		4								188
	18:00 - 19:00	16	45	24	12	48	16	8	12	4																		4			4								193
Acceso Z2	7:00 - 8:00	28	52	16	20	52	12		8																				4										192
	11:00 - 12:00	28	38	12	16	32	8	4	12																			4											154
	18:00 - 19:00	20	40	20	20	44	12	4	8																														168
Aceso Z3	7:00 - 8:00	88	52	44	52	48	16	8	4	4	4													4															324
	11:00 - 12:00	68	48	44	56	12	24	12	4		8																	4											280
	18:00 - 19:00	100	76	48	48	73	8	8	4		4																												369
Aceso Z4	7:00 - 8:00	12	60	48	4	36	8			8			8													4							8			4			200
	11:00 - 12:00	8	33	54		24	36		4	4			8												4						4								179
	18:00 - 19:00	12	62	32	4	32	30		4	8			4													4													192

Fuente: Elaboración Propia

Se determino la dispersión de datos es decir entre que valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor máximo obtenido en los aforos de cada intersección y acceso. Para la determinación de este rango se procede a ordenar todos los datos, para encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

Tabla Nº 19. Procesamiento de datos de volumen vehicular

INTERSECCIÓN 1		**Acceso Z1**			**Acceso Z2**			**Acceso Z3**			**Acceso Z4**		
Semanas	**Días**	**07:00**	**11:00**	**18:00**	**07:00**	**11:00**	**18:00**	**07:00**	**11:00**	**18:00**	**07:00**	**11:00**	**18:00**
		08:00	**12:00**	**19:00**	**08:00**	**12:00**	**19:00**	**08:00**	**12:00**	**19:00**	**08:00**	**12:00**	**19:00**
Primera	Lunes	300	281	235	200	231	225	460	280	450	320	200	209
	Miércoles	229	233	250	230	210	198	388	328	425	256	233	230
	Sábado	200	187	228	188	183	160	340	288	388	200	180	176
Segunda	Lunes	248	232	218	225	205	212	410	320	452	296	210	219
	Miércoles	270	280	260	215	220	200	390	288	433	270	224	204
	Sábado	236	212	171	193	177	150	320	222	428	244	183	189
Tercera	Lunes	245	248	273	212	190	200	400	315	470	215	250	200
	Miércoles	251	224	248	248	221	214	376	328	461	248	216	245
	Sábado	220	232	169	200	171	188	373	312	428	280	201	205
Cuarta	Lunes	268	260	200	224	244	210	460	310	455	235	232	231
	Miércoles	244	292	188	220	212	192	380	324	440	310	244	224
	Sábado	230	188	193	192	154	168	324	280	369	200	179	192
Media		245	239	219	212	202	193	385	300	433	256	213	210
Desviación		26	35	35	18	27	23	45	30	29	40	25	20
rango		271	274	254	230	228	216	430	330	463	297	237	230
		219	204	184	194	175	170	340	269	404	216	188	190
Media		258	256	237	221	215	205	408	315	448	276	225	220
Media Total		**250**			Media Total	**214**		Media Total	**390**		Media Total	**241**	

Fuente: Elaboración Propia

Se determino la media de cada grupo de datos de volumen vehicular como se muestra en la Tabla Nº 19, de las cuatro semanas con su respectiva hora de aforo, luego se determinó la desviación estándar para poder establecer los rangos para determinar qué datos serán los que corresponde para el cálculo del volumen final.

Se procedió a determinar la depuración de datos alejados los cuales se muestra en la Tabla Nº 19, se procede a calcular nuevamente la media de cada acceso, con estos valores se calcula la media de cada uno de los accesos de las 30 intersecciones.

Para las demás intersecciones se realizó el mismo procedimiento, como se muestra en anexos I hojas de cálculo.

3.4.1.1. Resumen de resultados de volúmenes vehiculares

En la siguiente tabla se muestra los resultados totales de volúmenes vehiculares de las 30 interacciones con sus respectivos accesos.

Tabla Nº 20. Resultados de volúmenes vehiculares

Int.	**VOLUMENES (veh/hr.)**			
N°	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z3**	**Acceso Z4**
1	250	214	390	241
2	363	250	305	254
3	293	49	289	60
4	296	232	293	23
5	274	274	93	-
6	262	37	262	31
7	217	318	153	57
8	413	26	-	-
9	160	398	-	-
10	401	185	-	-
11	179	465	-	-
12	353	189	-	-
13	318	400	-	-
14	272	391	-	-
15	33	9	-	-
16	216	150	-	-
17	400	110	-	-
18	162	143	-	-
19	310	233	-	-
20	337	193	-	-
21	184	275	-	-
22	239	203	-	-
23	91	87	-	-
24	195	213	-	-
25	330	272	148	-
26	32	233	173	-
27	18	227	166	-
28	342	121	166	-
29	58	256	64	-
30	31	218	86	-

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. Distancias de los accesos

Se realizo la medición de las distancias de los accesos de las 30 intersecciones, obteniendo como resultados como se observa en la tabla Nº 21.

Tabla Nº 21. Resultados de las distancias de accesos

Distancias de los Accesos (m)				
Int.	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z3**	**Acceso Z4**
1	6,1	7,45	7,35	7,30
2	7,35	6,45	7,35	7
3	7,55	12	7,4	12
4	6,7	12	7,7	12
5	6,45	6,75	12	-
6	6,38	12,1	6,4	12
7	7,3	13,1	6,1	12,5
8	13,8	12	-	-
9	13,1	12,15	-	-
10	13,5	12	-	-
11	12,35	13,5	-	
12	13,1	13	-	-
13	12	12,6	-	-
14	5,85	12,21	-	-
15	11,9	11,95	-	-
16	12	11,9	-	-
17	10,35	12	-	-
18	12,25	10,1	-	-
19	12	10	-	-
20	10,3	10	-	-
21	11,95	11,1	-	-
22	12,2	10,1	-	-
23	12	12,1	-	-
24	12,1	12,1	-	-
25	6,55	10	6,5	-
26	12	6,6	6,5	-
27	12	6,6	6,5	-
28	10,4	6,5	6,65	-
29	6,5	12	6,6	-
30	12,1	6,15	6,1	-

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3. Lectura de tiempos de los accesos

Se realizo la medición con el cronometro el tiempo de cada acceso para una distancia de 25 metros, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla Nº 22. Tiempos aforados de cada acceso

Tiempos de los Accesos en (sg) de 25 m.									
Int.	**Z1**	**Z2**	**Z3**	**Z4**	**Int.**	**Z1**	**Z2**	**Z3**	**Z4**
1	5,6	5,4	5,7	5,50	16	5,7	5,2	-	-
2	6,43	5,4	6,2	5,64	17	7,3	4,7	-	-
3	5,93	8,53	5,84	4,95	18	5,60	6,5	-	-
4	5,4	5,2	5,4	5,27	19	5	4,83	-	-
5	5,48	5,6	5,3	-	20	4,8	5,3	-	-
6	4,3	6,2	5,8	8,3	21	6,4	6,2	-	-
7	5,2	5,6	4,9	4,5	22	5,23	5,37	-	-
8	5,2	6	-	-	23	6,25	6,72	-	-
9	4,5	5	-	-	24	5,2	6,32	-	-
10	5,3	5,6	-	-	25	9,25	8,36	8,65	-
11	6,5	5,2	-	-	26	6,5	6,85	7,42	-
12	4,7	5,3	-	-	27	5,65	5,23	5,38	-
13	6,3	6,7	-	-	28	5,84	5,26	5,64	-
14	7,4	7,1	-	-	29	7,52	6,3	6,42	-
15	4,5	5,9	-	-	30	6,25	5,36	5,21	-

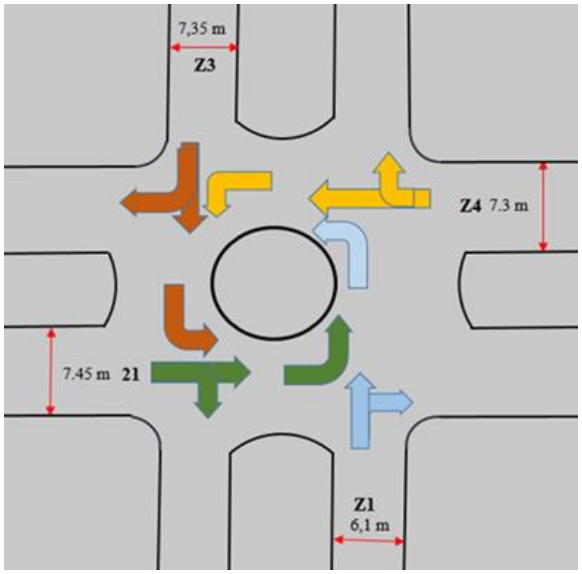
Fuente: Elaboración Propia

3.5. Cálculos de los parámetros de tráfico en estudio

3.5.1. Capacidad vehicular método HCM

Se procedió al cálculo de la capacidad vehicular por el método HCM de los Estados Unidos, considerando las condiciones de reducción, se determinó la capacidad teórica por el Abaco en vías interrumpidas un solo acceso y de dos accesos, luego se procedió a la determinar la capacidad practica multiplicando la capacidad teórica por 0.9, obteniendo la capacidad real multiplicando la capacidad teórica por los factores de reducción.

INTERSECCIÓN 1



Condiciones de los Factores de Reducción

a) Sustraer 1% por cada 1% que el transito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
b) Sustraer un 0.5% por cada 1% que el transito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
c) Sustraer un 1 % por cada 1 % de los ómnibus y camiones que pasen del 10 % del número total de vehículos.
d) Por paradas de ómnibus antes de la intersección restar el 10 % por parada de ómnibus después de la intersección, restar el 5 % en zonas centrales y 10 % en zonas intermedias.
e) Por estacionamientos permitidos restar 1.8 m del ancho del acceso y luego hacer las correcciones correspondientes.

Acceso Z_1

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha.

Volumen Total Horario = 250 veh/hr

Ancho del Acceso = 6,1 m – 1,8 m = 4,3 m

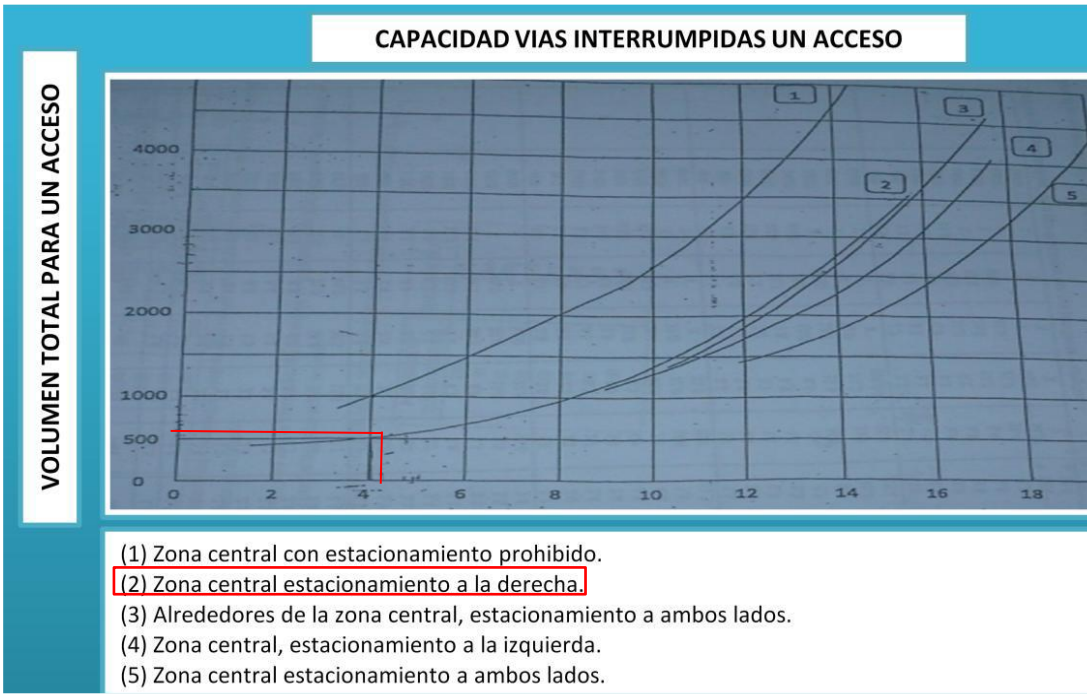
% GI = 18

% GD = 17

% Vehículos Pesados = 2

Se entra al Abaco Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido con el ancho del Acceso.

Gráfico Nº 6. Ábaco capacidad teórica en vías interrumpidas un solo acceso



Fuente: Manual de ingeniería de transito

Capacidad Teórica = 550 veh/hr

Capacidad Práctica = Cap. Teórica*0,9

$$\text{Capacidad Práctica} = 550 * 0{,}9 = 495 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción

1) Por Giro a la Izquierda

% GI = 18 %

% GI > 10 = 18-10 = 8 = 1- (8*1/100) = Fgi = 0.92

2) Por Giro a la Derecha

GD = 17 %

% GD > 10 = 17-10 = 7= 1 - (7*0,5/100) = Fgd = 0.97

3) Por Vehículo Pesado

% Veh. Pesados = 2 %

% Veh. Pesados < 10 Fvp = 1

4) Por paradas antes de la intersección

Fai = 0.9

La Capacidad real es:

$$\mathbf{Cap.Real = Cap.Práctica * fgi * fgd * fvp * fai}$$

$$\text{Cap. Real} = 495 * 0.92 * 0.97 * 1 * 0.9 = 397 \text{ veh/hr}$$

Acceso Z_2

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Volumen Total Horario = 213 veh/hr

Ancho del Acceso = 7.45m – 1,8 m = 5,7 m

% GI = 24

% GD = 21

% Vehículos Pesados = 2

Se entra al Abaco Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido con el ancho del Acceso.

Capacidad Teórica = 670 veh/hr

Capacidad Práctica = Cap. Teórica*0,9

$$\text{Capacidad Práctica} = 670 * 0{,}9 = 603 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción

1) Por Giro a la Izquierda

% GI = 24 %

% GI > 10 = 24-10 = 14 = 1 - (14*1/100) = Fgi = 0.86

2) Por Giro a la Derecha

GD = 21 %

% GD > 10 = 21-10 = 11= 1 - (11*0,5/100) = Fgd = 0.95

3) Por Vehículo Pesado

% Veh. Pesados = 2 %

% Veh. Pesados < 10 Fvp = 1

4) Por paradas antes de la intersección

Fai = 0.9

La Capacidad real es:

$$\textbf{Cap. Real} = \textbf{Cap. Práctica} * \textbf{fgi} * \textbf{fgd} * \textbf{fvp} * \textbf{fai}$$

$$\text{Cap. Real} = 603 * 0.86 * 0.95 * 1 * 0.9 = 443 \text{ veh/hr}$$

Acceso Z_3

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Volumen Total Horario = 395 veh/hr

Ancho del Acceso = 7.35m – 1,8 m = 5,6 m

% GI = 46

% GD = 21

% Vehículos Pesados = 2

Se entra al Abaco Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido con el ancho del Acceso.

Capacidad Teórica = 660 veh/h

$$\textbf{Capacidad Práctica = Cap. Teórica*0,9}$$

$$\text{Capacidad Práctica} = 660 * 0{,}9 = 594 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción

1) Por Giro a la Izquierda

% GI = 46 %

% GI > 10 = 46-10 = 36 = 1 - (36*1/100) = Fgi = 0.64

2) Por Giro a la Derecha

GD = 21 %

% GD > 10 = 21-10 = 11= 1 - (11*0,5/100) = Fgd = 0.95

3) Por Vehículo Pesado

% Veh. Pesados = 2 %

% Veh. Pesados < 10 Fvp = 1

4) Por paradas antes de la intersección

Fai = 0.9

La Capacidad real es:

$$\textbf{Cap. Real} = \textbf{Cap. Practica} * \textbf{fgi} * \textbf{fgd} * \textbf{fvp} * \textbf{fai}$$

$$\text{Cap. Real} = 594 * 0.64 * 0.95 * 1 * 0.9 = 325 \text{ veh/hr}$$

Acceso Z_4

Datos:

Zona central con estacionamiento a la derecha

Volumen Total Horario = 246 veh/hr

Ancho del Acceso = 7.3 m – 1.8 m = 5,5 m

% GI = 9

% GD = 49

% Vehículos Pesados = 2

Se entra al Abaco Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido con el ancho del Acceso.

Capacidad Teórica = 650 veh/hr

$$\textbf{Capacidad Práctica = Cap. Teórica*0,9}$$

$$\text{Capacidad Práctica} = 650 * 0{,}9 = 585 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción

1) Por Giro a la Izquierda

% GI = 9 %

% GI < 10 = Fgi = 1

2) Por Giro a la Derecha

GD = 49 %

% GD > 10 = 49-10 = 39 = 1 - (39*0,5/100) = Fgd = 0.81

3) Por Vehículo Pesado

% Veh. Pesados = 2 %

% Veh. Pesados < 10 Fvp = 1

4) Por paradas antes de la intersección

Fai = 0.9

La Capacidad real es:

$$\textbf{Cap. Real} = \textbf{Cap. Práctica} * \textbf{fgi} * \textbf{fgd} * \textbf{fvp} * \textbf{fai}$$

$$\text{Cap. Real} = 585 * 1 * 0.81 * 1 * 0.9 = 426 \text{ veh/hr}$$

El mismo procedimiento de cálculo desarrollado en la interacción 1 se utilizó para las demás intersecciones, respetando las condiciones de los factores de reducción, como para la capacidad teórica, practica y capacidad real.

Tabla Nº 23. Resumen de capacidad real

Capacidad Real (veh/hr)				
Int.	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z2**	**Acceso Z4**
1	395	443	325	426
2	358	378	422	439
3	507	868	535	782
4	478	739	559	669
5	416	486	1155	-
6	454	732	478	799
7	516	875	446	703
8	1199	564	-	-
9	979	1051	-	-
10	1230	879	-	-
11	1055	1230	-	-
12	1193	674	-	-
13	1009	1022	-	-
14	520	763	-	-
15	1256	174	-	-
16	1053	1143	-	-
17	891	1293	-	-
18	875	1096	-	-
19	999	672	-	-
20	851	672	-	-
21	1098	846	-	-
22	1144	811	-	-
23	630	1102	-	-
24	1091	562	-	-
25	451	593	356	-
26	617	470	462	-
27	650	470	462	-
28	784	457	357	-
29	462	879	277	-
30	654	454	419	-

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2. Calculo de la velocidad de punto

Teniendo los tiempos aforados para una distancia de 25 metros de cada acceso, se calcula la velocidad de punto en (km/hr) con la siguiente formula.

$$\text{Velocidad de punto} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (sg)}}$$

$$\text{Velocidad de punto} = \frac{25 * 0.001}{5.6 * 0.000278} = 16.06\ (\frac{\text{km}}{\text{hr}})$$

El mismo procedimiento de cálculo se repite para las 30 intersecciones con su respectivo acceso.

Tabla Nº 24. Resumen de velocidad de punto

Velocidad de punto (km/hr)				
Int.	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z3**	**Acceso Z4**
1	16,06	16,65	15,78	16,35
2	13,99	16,65	14,50	15,94
3	15,18	10,54	15,40	18,17
4	16,65	17,29	16,65	17,06
5	16,41	16,06	16,97	-
6	20,91	17,29	16,65	17,06
7	17,29	16,06	18,35	19,98
8	17,29	14,99	-	-
9	19,98	17,99	-	-
10	16,97	16,06	-	-
11	13,84	17,29	-	-
12	19,13	16,97	-	-
13	14,27	13,42	-	-
14	12,15	12,67	-	-
15	19,98	15,24	-	-
16	15,78	17,29	-	-
17	12,32	19,13	-	-
18	16,06	13,84	-	-
19	17,99	18,62	-	-
20	18,74	16,97	-	-
21	14,05	14,50	-	-
22	17,19	16,75	-	-
23	14,39	13,38	-	-
24	17,29	14,23	-	-
25	9,72	10,76	10,40	-

Velocidad de punto (km/hr)				
Int.	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z3**	**Acceso Z4**
26	13,84	13,13	12,12	-
27	15,92	17,19	16,72	-
28	15,40	17,10	15,94	-
29	11,96	14,27	14,01	-
30	14,39	16,78	17,26	-

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. Calculo de densidad

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito.

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{VOLUMEN (veh/hr)}}{\text{VELOCIDAD (km/hr)}}$$

$$\text{DENSIDAD} = \frac{250\ (\text{veh/hr})}{16.06\ (\text{km/hr})} = \mathbf{15.60\ veh/km}$$

Teniendo el volumen vehicular dividido entre la velocidad de punto para encontrar la densidad, el mismo procedimiento se siguió para calcular las demás densidades de las 30 intersecciones con sus respectivos accesos, como se observa en la siguiente tabla de resumen de densidades.

Se realizo la gráfica de densidad con los resultados obtenidos en los accesos de las intersecciones de mayor movimiento vehicular.

Tabla Nº 25. Resumen de densidades de accesos

Int.	**DENSIDA VEHICULAR (veh/km)**			
N°	**Acceso Z1**	**Acceso Z2**	**Acceso Z3**	**Acceso Z4**
1	15,60	12,83	24,73	14,71
2	25,93	15,01	21,03	15,94
3	19,32	4,69	18,79	3,29
4	17,77	13,43	17,57	1,32
5	16,72	17,05	5,47	-
6	12,51	2,15	15,73	1,81
7	12,53	19,83	8,31	2,85
8	23,90	1,76	-	-
9	8,01	22,14	-	-

10	23,65	11,52	-	-
11	12,97	26,90	-	-
12	18,44	11,15	-	-
13	22,27	29,78	-	-
14	22,39	30,85	-	-
15	1,63	0,62	-	-
16	13,67	8,66	-	-
17	32,48	5,75	-	-
18	10,07	10,35	-	-
19	17,25	12,52	-	-
20	17,97	11,35	-	-
21	13,07	18,94	-	-
22	13,89	12,13	-	-
23	6,35	6,53	-	-
24	11,26	14,95	-	-
25	33,99	25,25	14,24	-
26	2,33	17,76	14,28	-
27	1,16	13,17	9,90	-
28	22,22	7,08	10,42	-
29	4,84	17,94	4,56	-
30	2,16	12,99	5,01	-

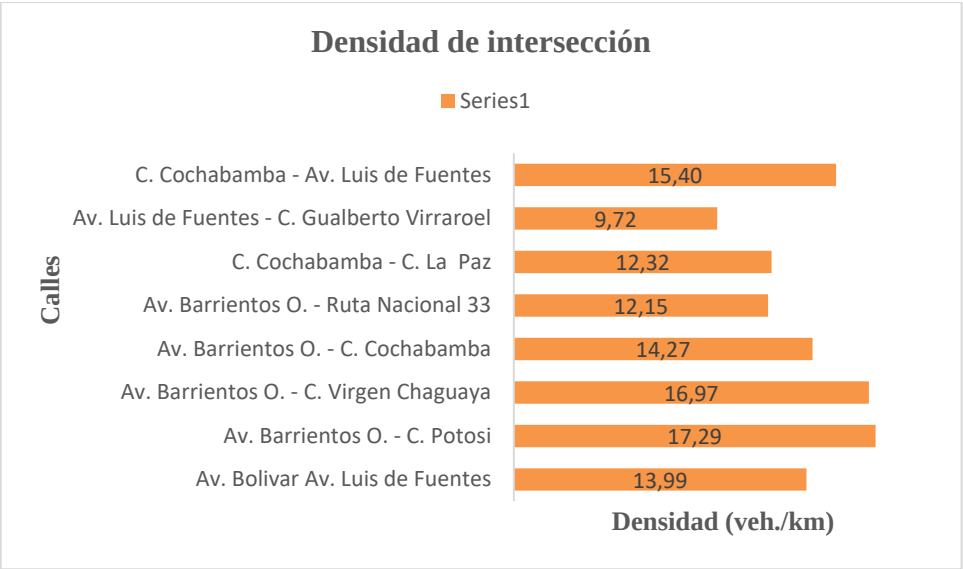
Fuente: Elaboracion Propia

Tabla Nº 26. Resumen de densidad de intersección más critica

Intersección	**V. Punto (km/hr.)**	**Volumen (veh/hr.)**	**Densidad (veh/km)**
Av. Bolívar Av. Luis de Fuentes	25,93	363	13,99
Av. Barrientos O. - C. Potosí	23,90	413	17,29
Av. Barrientos O. - C. Virgen Chaguaya	23,65	401	16,97
Av. Barrientos O. - C. Cochabamba	22,27	318	14,27
Av. Barrientos O. - Ruta Nacional 33	22,39	272	12,15
C. Cochabamba - C. La Paz	32,48	400	12,32
Av. Luis de Fuentes - C. Gualberto Virraroel	33,99	330	9,72
C. Cochabamba - Av. Luis de Fuentes	22,22	342	15,40

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico Nº 7. Densidad de intersección más critica



Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Calculo nivel de servicio

Para el nivel de servicio ya teniendo todas las capacidades de cada acceso y los volúmenes se calculó la relación V/C volumen dividido entre la capacidad con ese valor se entra a la tabla de nivel de servicio del método HCM y de acuerdo al factor de cargase determina el nivel de servicio y la descripción del flujo de transito de cada intersección con su respectivo acceso.

Tabla Nº 27. Niveles de servicio

Nivel de Servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo Libre	0
B	Flujo Estable	≤ 0,10
C	Flujo Estable	≤ 0,30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0,70
E	Flujo Inestable	≤ 1,0
F	Flujo Forzado	> b

Fuente: Universidad Mayor de San Simón

Tabla Nº 28. Resumen nivel de servicio

Int.	Accesos	Volumen veh/hr.	Capacidad veh/hr.	V/C	NS	Descripción del Flujo
1	Z1	250	495	0,51	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	214	603	0,35	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	390	594	0,66	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	241	585	0,41	D	Próximo al Flujo Inestable
2	Z1	363	594	0,61	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	250	513	0,49	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	305	594	0,51	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	254	558	0,46	D	Próximo al Flujo Inestable
3	Z1	293	612	0,48	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	49	1440	0,03	A	Flujo Libre
	Z3	289	594	0,49	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	60	1440	0,04	A	Flujo Libre
4	Z1	296	531	0,56	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	232	1206	0,19	C	Flujo Estable
	Z3	293	621	0,47	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	23	1440	0,02	A	Flujo Libre
5	Z1	274	513	0,53	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	274	540	0,51	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	93	1440	0,06	B	Flujo Estable
6	Z1	262	504	0,52	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	37	1485	0,03	A	Flujo Libre
	Z3	262	531	0,49	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	31	1440	0,02	A	Flujo Libre
7	Z1	217	585	0,37	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	318	1395	0,23	C	Flujo Estable
	Z3	153	495	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z4	57	1530	0,04	A	Flujo Libre
8	Z1	413	1332	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	26	1206	0,02	A	Flujo Libre
9	Z1	160	1395	0,11	C	Flujo Estable
	Z2	398	1242	0,32	D	Próximo al Flujo Inestable
10	Z1	401	1485	0,27	C	Flujo Estable
	Z2	185	1206	0,15	C	Flujo Estable
11	Z1	179	1260	0,14	C	Flujo Estable
	Z2	465	1485	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
12	Z1	353	1395	0,25	C	Flujo Estable
	Z2	189	1386	0,14	C	Flujo Estable

Int.	Accesos	Volumen veh/hr.	Capacidad veh/hr.	V/C	NS	Descripción del Flujo
13	Z1	318	1206	0,26	C	Flujo Estable
	Z2	400	1305	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
14	Z1	272	621	0,44	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	391	1242	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
15	Z1	33	1395	0,02	A	Flujo Libre
	Z2	9	1206	0,01	A	Flujo Libre
16	Z1	216	1206	0,18	C	Flujo Estable
	Z2	150	1395	0,11	C	Flujo Estable
17	Z1	400	990	0,40	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	110	1440	0,08	B	Flujo Estable
18	Z1	162	1314	0,12	C	Flujo Estable
	Z2	143	1269	0,11	C	Flujo Estable
19	Z1	310	1206	0,26	C	Flujo Estable
	Z2	233	900	0,26	C	Flujo Estable
20	Z1	337	945	0,36	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	193	900	0,21	C	Flujo Estable
21	Z1	184	1206	0,15	C	Flujo Estable
	Z2	275	990	0,28	C	Flujo Estable
22	Z1	239	1242	0,19	C	Flujo Estable
	Z2	203	1269	0,16	C	Flujo Estable
23	Z1	91	1206	0,08	B	Flujo Estable
	Z2	87	1224	0,07	B	Flujo Estable
24	Z1	195	1224	0,16	C	Flujo Estable
	Z2	213	1224	0,17	C	Flujo Estable
25	Z1	330	522	0,63	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	272	900	0,30	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	148	513	0,29	C	Flujo Estable
26	Z1	32	1206	0,03	A	Flujo Libre
	Z2	233	522	0,45	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	173	513	0,34	D	Próximo al Flujo Inestable
27	Z1	18	1440	0,01	A	Flujo Libre
	Z2	227	522	0,43	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	166	513	0,32	D	Próximo al Flujo Inestable
28	Z1	342	990	0,35	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z2	121	513	0,24	C	Flujo estable
	Z3	166	531	0,31	D	Próximo al Flujo Inestable
29	Z1	58	513	0,11	C	Flujo Estable

Int.	Accesos	Volumen veh/hr.	Capacidad veh/hr.	V/C	NS	Descripción del Flujo
	Z2	256	1206	0,21	C	Flujo Estable
	Z3	64	522	0,12	B	Flujo estable
30	Z1	31	1485	0,02	A	Flujo Libre
	Z2	218	504	0,43	D	Próximo al Flujo Inestable
	Z3	86	495	0,17	C	Flujo estable

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5. Calculo de la semaforización

Para el cálculo de la semaforización se utilizó la norma AASHTO tomando en cuenta los volúmenes de las intersecciones con sus accesos correspondientes, para el tiempo de ciclo se utilizó el tiempo aforado en los semáforos ya existentes en las intersecciones de la ciudad de Bermejo, obteniendo como resultado un tiempo de ciclo máximo y mínimo.

El tiempo de ciclo en la norma AASHTO se encuentra entre un rango de 35 segundos como mínimo y como máximo de 120 segundos.

Para el tiempo amarillo se encuentra entre 3 segundos y 5 segundos.

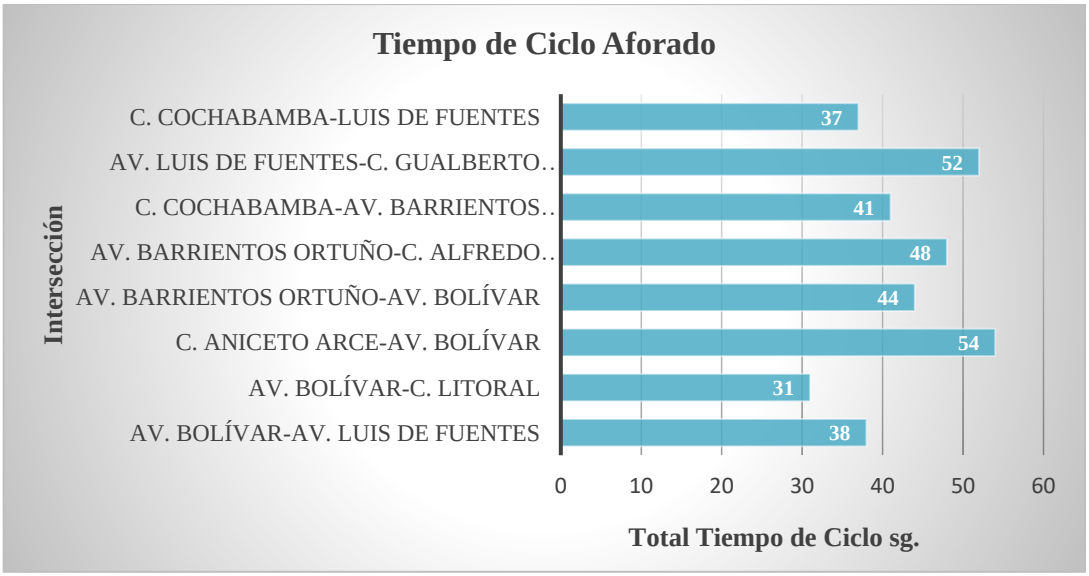
Con los tiempos de ciclo aforado se procedió al cálculo de la semaforización, tomando en cuenta el tiempo de ciclo se encuentra entre 35 y 120 segundos.

Tabla Nº 29. Tiempos de ciclo aforados

Int.	Tiempo de Ciclo Aforado	Rojo (sg)	Amarillo (sg)	Verde (sg)	Total
2	Av. Bolívar-Av. Luis de Fuentes	20	3	15	**38**
4	Av. Bolívar-C. Litoral	13	2	16	**31**
5	C. Aniceto Arce-Av. Bolívar	15	3	36	**54**
7	Av. Barrientos Ortuño-Av. Bolívar	26	3	15	**44**
12	Av. Barrientos Ortuño-C. Alfredo Ameller	28	3	17	**48**
13	C. Cochabamba-Av. Barrientos Ortuño	23	3	15	**41**
25	Av. Luis de Fuentes-C. Gualberto Villarroel	33	3	16	**52**
28	C. Cochabamba-Luis de Fuentes	18	3	16	**37**
				Mínimo	31
				Máximo	54

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico Nº 8. Tiempo de ciclo aforado



Fuente: Elaboración Propia

INTERSECCIÓN 1

Datos:

Acceso Z_1 y Z_4

$\text{Volumen}_{Z_1} = 250 \text{ veh/hr}$

$\text{Volumen}_{Z_4} = 241 \text{ veh/hr}$

$\text{Tiempo amarillo}_{Z_1} = 3 \text{ sg}$

$\text{Tiempo amarillo}_{Z_4} = 3 \text{ sg}$

Nota: Adoptó un tiempo de ciclo de 35 segundos.

$$C = T_{\text{amarillo}Z_1} + T_{\text{amarillo}Z_4} + T_{\text{fase verde}} + T_{\text{fase roja}}$$

Ecuación 1

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo}Z_1} - T_{\text{amarillo}Z_4} - T_{\text{fase roja}}$$

Ecuación 2

$$\frac{T_{\text{amarillo}Z_1} * \text{Volumen}_{Z_1}}{T_{\text{fase verde}}} = \frac{T_{\text{amarillo}Z_4} * \text{Volumen}_{Z_4}}{T_{\text{fase roja}}}$$

Reemplazando datos en ecuación 2 se determina el tiempo de fase roja en Z_1

$$\frac{3 * 250}{35 - 3 - 3 - T_{\text{fase roja}}} = \frac{3 * 241}{T_{\text{fase roja}}}$$

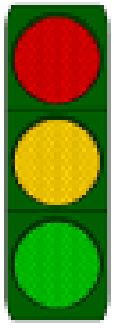
$$\mathbf{T_{fase\ roja} = 13\ sg.}$$

Para el tiempo de fase verde en Z_1 reemplazando en ecuación 1 el tiempo de fase roja.

Z_1 Av. Bolívar Z_4 Av. Víctor Paz Estensoro

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo}Z_1} - T_{\text{amarillo}Z_4} - T_{\text{fase roja}}$$

$$T_{\text{fase verde}} = 35 - 3 - 3 - 13 = \mathbf{14\ sg.}$$



13 sg.

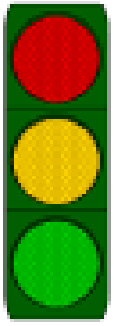
3 sg.

14 sg.

14 sg.

3 sg.

13 sg.



Datos:

Acceso Z_2 y Z_3

$\text{Volumen}_{Z_2} = 214$ veh/hr

$\text{Volumen}_{Z_3} = 390$ veh/hr

$\text{Tiempo amarillo}_{Z_2} = 3$ sg

$\text{Tiempo amarillo}_{Z_3} = 5$ sg

Nota: Adoptó un tiempo de ciclo de 35 segundos.

$$C = T_{\text{amarillo}Z_2} + T_{\text{amarillo}Z_3} + T_{\text{fase verde}} + T_{\text{fase roja}}$$

Ecuación 1

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo}Z_2} - T_{\text{amarillo}Z_3} - T_{\text{fase roja}}$$

Ecuación 2

$$\frac{T_{\text{amarillo}Z_2} * \text{Volumen}_{Z_2}}{T_{\text{fase verde}}} = \frac{T_{\text{amarillo}Z_3} * \text{Volumen}_{Z_3}}{T_{\text{fase roja}}}$$

Reemplazando datos en ecuación 2 se determina el tiempo de fase roja en Z_2

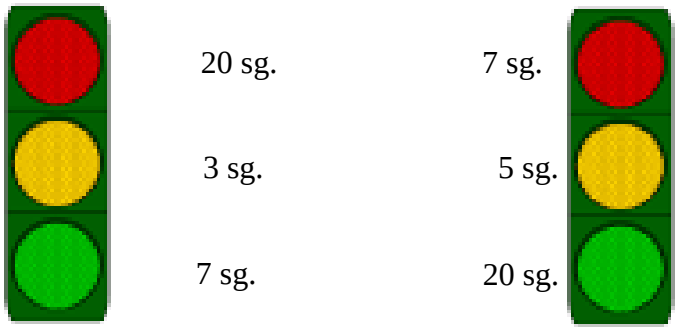
$$\frac{3 * 214}{35 - 3 - 5 - T_{\text{fase roja}}} = \frac{5 * 390}{T_{\text{fase roja}}}$$

$$\mathbf{T_{fase\ roja} = 20\ sg.}$$

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo}Z_2} - T_{\text{amarillo}Z_3} - T_{\text{fase roja}}$$

$$T_{\text{fase verde}} = 35 - 3 - 5 - 20 = \mathbf{7\ sg.}$$

Z_2 C. Topater Z_3 Av. Bolívar



Se realizo el mismo procedimiento de cálculo para las 30 intersecciones con sus respectivos accesos, en la Tabla Nº 30 se muestra el resumen del tiempo de ciclo, rojo, amarillo y verde de cada intersección.

Tabla Nº 30. Resumen de tiempos de los semáforos

INTERSECCIÓN 1	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - Av. Víctor Paz Estensoro	13	3	14	14	3	13
C. Topater - Av. Bolívar	20	3	7	7	5	20
INTERSECCIÓN 2	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - Av. Luis de Fuentes	12	5	30	30	3	12
Av. Luis de Fuentes - Av. Bolívar	28	3	14	14	5	28
INTERSECCIÓN 3	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - C. Aniceto Arce	3	5	24	24	3	3
C. Aniceto Arce - Av. Bolívar	24	3	3	3	5	24
INTERSECCIÓN 4	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - C. Litoral	1	5	26	26	3	1
C. Litoral - Av. Bolívar	18	3	9	9	5	18
INTERSECCIÓN 5	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - C. Beni	7	5	35	35	3	7
C. Beni - Av. Bolívar	7	5	35	35	3	7
INTERSECCIÓN 6	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
Av. Bolívar - C. La Paz	2	5	25	25	3	2
C. La Paz - Av. Bolívar	25	3	2	2	5	25

INTERSECCIÓN 7	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Bolívar - Av. Barrientos Ortuño	6	3	36	36	3	6
Av. Barrientos Ortuño - Av. Bolívar	9	5	33	33	3	9
INTERSECCIÓN 8	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Barrientos Ortuño - C. Potosí	1	5	26	26	3	1
INTERSECCIÓN 9	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Mariscal A. de S. C. - Av. Barrientos	34	3	8	8	5	34
INTERSECCIÓN 10	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Barrientos Ortuño - Av. Gualberto V.	9	5	33	33	3	9
INTERSECCIÓN 11	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. German Busch - Av. Barrientos Ortuño	34	3	8	8	5	34
INTERSECCIÓN 12	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Barrientos Ortuño - C. Alfredo Ameller	10	5	32	32	3	10
INTERSECCIÓN 13	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Cochabamba - Av. Barrientos Ortuño	28	3	14	14	5	28
INTERSECCIÓN 14	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Barrientos Ortuño - C. Tarija	30	3	12	12	5	30
INTERSECCIÓN 15	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. La Paz - C. Potosí	6	5	23	23	3	6
INTERSECCIÓN 16	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Germán Busch - C. La Paz	8	5	19	19	3	8
INTERSECCIÓN 17	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
C. Cochabamba - C. La Paz	4	5	23	23	3	4
INTERSECCIÓN 18	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Beni - C. Mariscal A. de S. C.	13	5	16	16	3	13

INTERSECCIÓN 19	**Tiempos (sg.)**

Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Gualberto Villarroel - C. Beni	8	5	19	19	3	8
INTERSECCIÓN 20	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Cochabamba - C. Beni	7	5	20	20	3	7
INTERSECCIÓN 21	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Mariscal A. de S. C. - C. Litoral	19	3	8	8	5	19
INTERSECCIÓN 22	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
C. Litoral - C. Gualberto Villarroel	9	5	18	18	3	9
INTERSECCIÓN 23	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Mariscal A. de S. C. - C. José Manuel B.	16	3	13	13	3	16
INTERSECCIÓN 24	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Gualberto Villarroel - C. José Manuel B.	17	3	10	10	5	17
INTERSECCIÓN 25	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 60 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Luis de Fuentes - C. Gualberto Villarroel	17	5	35	37	3	17
C. Gualberto Villarroel - Av. Luis de Fuentes	13	5	39	39	3	13
INTERSECCIÓN 26	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Germán Busch - Av. Luis de Fuentes	24	3	3	3	5	24
Av. Luis de Fuentes - C. Germán Busch -	2	5	25	25	3	2
INTERSECCIÓN 27	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
C. Alfredo Ameller - Av. Luis de Fuentes	25	3	2	2	5	25
Av. Luis de Fuentes - C. Alfredo Ameller	1	5	26	26	3	1
INTERSECCIÓN 28	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 50 (sg.)	T.R.	T.A	T.V.	T.R.	T.A	T.V.
C. Cochabamba - Av. Luis de Fuentes	9	5	33	33	3	9
Av. Luis de Fuentes - C. Cochabamba	35	3	7	7	5	37
INTERSECCIÓN 29	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.
Av. Luis de Fuentes - C. Tarija	24	3	3	3	5	24
C. Tarija - Av. Luis de Fuentes	3	5	24	24	3	3

INTERSECCIÓN 30	**Tiempos (sg.)**					
Tiempo de Ciclo 35 (sg.)	T.R.	T.A.	T.V.	T.R.	T.A.	T.V.

C. Germán Busch - C. Topater	20	3	7	7	5	20
C. Topater - C. Germán Busch	5	5	22	22	3	5

Fuente Elaboración Propia

3.5.6. Determinación de la señalización

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras.

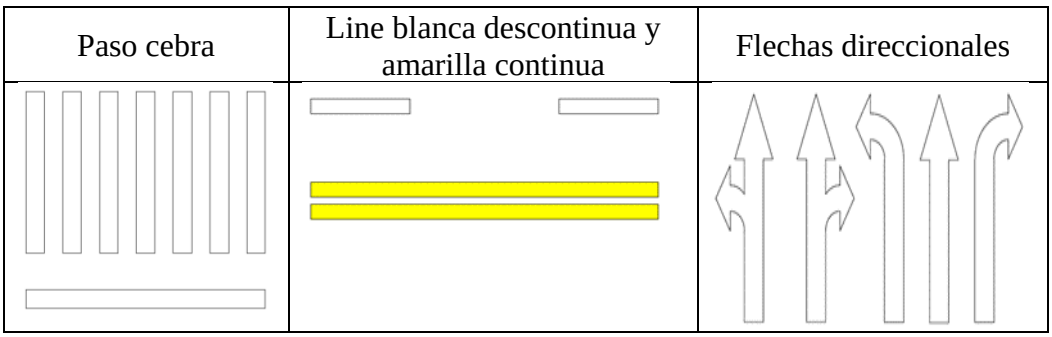
Para el estudio realizado en la ciudad de Bermejo de las avenidas Bolívar, Luis de Fuentes y Barrientos Ortuño se debe de instalar y realizar el mantenimiento correspondiente de las señales verticales que estén dañadas y el pintado de las señales horizontales de toda la intersección en estudio de acuerdo al manual de señalización de tránsito. En anexos III de planos se encuentra más a detalle de la ubicación y medidas de las señales verticales y horizontales, en la Figura Nº 43 y 44 se muestra un ejemplo.

Figura Nº 43. Señalización vertical

INTERSECCIÓN 1 AV. BOLÍVAR – AV. VÍCTOR PAZ ESTENSORO

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nº 44. Señalización horizontal



Fuente: Elaboración Propia

3.5.7. Alternativas de solución al tráfico vehicular en la ciudad de Bermejo

Primera alternativa de bajo costo

Una alternativa es de reducir el volumen vehicular en la avenida Luis de Fuentes, mediante restringir los vehículos con una terminación del número de placa como se observa en la Tabla N° 31, en las horas 7:00 a.m. a 8:00 a.m. 11:00 a.m. a 12:00 p.m. y 18:00 p.m. a 19:00 p.m. Los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado se prohíbe la circulación vehicular en la avenida Luis de Fuentes.

Tabla Nº 31. Restricción de placas

Horas	Días	Placas
	Lunes	0, 1, 2 y 3
	Martes	2, 3, 4 y 5
7:00 a.m. - 8:00 a.m. 11:00 a.m. - 12:00 p.m. 18:00 p.m. - 19:00 p.m.	Miércoles	4, 5, 6 y 7
	Jueves	6, 7, 8 y 9
	Viernes	0, 1, 8 y 9
	Sábado	5, 3, y 0
	Domingo	Sin Restricción

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N° 45 muestra como quedara la señal vertical de restricción que se aplicara en las avenidas Luis de fuentes entre las intersecciones 25, 26, 27, 28, y 29.

Figura Nº 45. Primera alternativa de solución Av. Luis de Fuentes

Fuente: Elaboración Propia

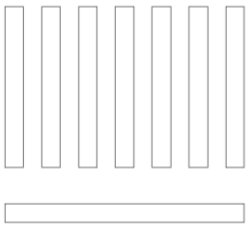
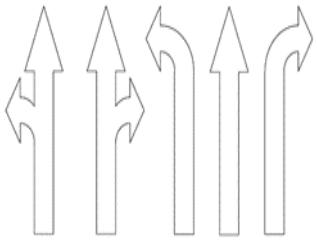
Segunda alternativa de bajo costo

En las avenidas Bolívar, Barrientos Ortuño y Luis de Fuentes empleando un plan de semaforización con la instalación de 51 semáforos y señalización horizontal de 3596 m2 de pintados de paso cebra, y el pintado de 145 flechas direccionales y la colocación de 139 señales verticales se propone reducir el volumen de tráfico vehicular, la ubicación y medidas de señales verticales y horizontales se observará más a detalle en anexos III de los planos.

Figura Nº 46. Ejemplo señalización vertical

Fuente: Elaboración Propia

Figura Nº 47. Ejemplo señalización horizontal

Paso cebra	Line blanca descontinua y amarilla continua	Flechas direccionales
		

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se concluyó el estudio de las avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar y Luis de Fuentes de la Ciudad de Bermejo, obteniendo los volúmenes vehicular como se observa en la Tabla Nº 20 resultados de volúmenes.

  La avenida Bolívar su valor máximo obtenido de volumen es de 390 veh/hr, Barrientos Ortuño 465 veh/hr y Luis de Fuentes 330 veh/hr, como valores mínimos se obtuvo en las avenidas Bolívar 217 veh/hr, Barrientos Ortuño 272 veh/hr y Luis de Fuentes 58 veh/hr, dependiendo de la intersección en estudio como el acceso.
- Se verifico el diagnóstico actual de las avenidas en estudio que no cuentan con señales horizontales, y algunas intersecciones no tiene señalización vertical
- Mediante método manual se determinó las horas pico de 15 horas de aforo de: 06:00 a.m. a 21.00 p.m. dando como resultados las horas (07:00 – 08:00) a.m. y (11:00 a.m. – 12:00 p.m.) y (19:00 – 19:00) p.m. Los días de mayor movimiento vehicular se determinó los días lunes, miércoles y sábado, son los días y horas pico en que se realizó los aforos de las 30 intersecciones durante un mes de estudio.
- Se concluyo con la determinación de los volúmenes aforados, se desarrolló los cálculos correspondientes para la determinación de la velocidad de punto, capacidades, densidad, niveles de servicio, la ubicación y ordenamiento de los semáforos y se dimensiono y ubico las señales verticales y horizontales mostrándose a detalles en los anexos III de planos.
- Las avenidas Barrientos Ortuño, Bolívar, Luis de Fuentes, calle Cochabamba y Gualberto Villaroel se encuentran próximo a flujo inestable con un nivel de servicio D, empleando alternativas de solución se logra reducir el volumen vehicular.
- Se tiene señales verticales reglamentarias un total de 79 y 60 señales informativas, para la colocación en las zonas en estudio porque las que hay no son visibles para los conductores y peatones, re requiere para la señalización horizontal el pintado de 3596 m2 de paso cebra y el pintado de 145 flechas direccionales, la colocación de 51 semáforos en las intersecciones más críticas observándose con claridad en los anexos II de planos.
- Empleando la restricción de los vehículos en la avenida Luis de Fuentes con una terminación del número de placa como se observa en la Tabla N° 31, en las horas 7:00

a.m. a 8:00 a.m. 11:00 a.m. a 12:00 p.m. y 18:00 p.m. a 19:00 p.m. Los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado se propuso la solución para reducir el volumen vehicular que ocasiona congestionamiento y accidentes de tránsito.

Se concluyo empleando la segunda alternativa de solución de bajo costo, con un plan de semaforización con la instalación de 51 semáforos y señalización horizontal de 3596 m2 de pintados de paso cebra, y el pintado de 145 flechas direccionales y la colocación de 139 señales verticales en todas las avenidas en estudio.

4.2. Recomendaciones

- Cumplir con los aforos correspondientes, para obtener volúmenes más favorables en las horas y días establecidas.
- Es recomendable medir las distancias de las calles de los accesos de las 30 intersecciones los días domingo, al ser un día de menor movimiento vehicular.
- Se recomienda a las autoridades competentes del municipio de Bermejo, reubicar los semáforos de la intersección 29 de la Avenida Luis de Fuente y Calle Tarija, debido a que no es necesario la instalación de semáforos, debido a que el flujo vehicular en la avenida Luis de fuentes es de 58 veh/hr y en la Calle Tarija es de 256 veh/hr, con señalización vertical y horizontal es factible la circulación por la intersección.
- Las autoridades encargadas de tráfico y tránsito en el área urbana de la ciudad de Bermejo, deben de controlar a los vehículos que estén mal estacionados en la avenida Luis de Fuentes y Calle Gualberto Villarroel, debido a que el movimiento vehicular en esa área es más transitable, como se observa en la Figura Nº 39 y 42 los vehículos mal estacionados ocasionado congestión y accidentes de tránsito.
- Se recomienda a las autoridades competentes del municipio de Bermejo emplear las alternativas de solución planteadas y calculados los parámetros de tráfico por mi persona, para reducir el volumen vehicular en las intersecciones que existe mayor congestión vehicular.