

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Esta ciencia de la ingeniería de tráfico que nace hace unos 50 años atrás, producto de la necesidad de resolver el problema de tráfico con usuarios que tienen diferente comportamiento, vehículos que han tenido avance tecnológico muy importante y vías que han quedado fuera del contexto debido a los trazos urbanos que mantienen su geometría desde su fundación, carreteras que no han cambiado su estructura geométrica ante los vehículos de mayores dimensiones y menor peso.

La ingeniería de tráfico es la ciencia que se ocupa de estudiar, analizar y buscar soluciones para la interpretación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos privados, vías carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que dé seguridad a los usuarios; puede contestar ahora acertadamente muchas preguntas que siempre se hacían los proyectistas de vías sin que pudieran encontrar respuestas satisfactorias. Gracias a los progresos de la ingeniería se han podido proyectar un tipo de vía capaz de conducir grandes masas de vehículos a altas velocidades con máxima seguridad.

Se analizan los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se investigan la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento; la capacidad de las calles y carreteras; el funcionamiento de: pasos a desnivel, intersecciones canalizadas; se analizan los accidentes, etc. Así se pone en evidencia la influencia de la capacidad y limitaciones del usuario en el tránsito; se estudia al usuario particularmente desde el punto de vista psíquico- físico, indicándose la rapidez de las reacciones para frenar, para acelerar, para maniobrar, su resistencia al cansancio, etc., empleando en todo esto, métodos modernos e instrumentos psicotécnicos, así como la metodología estadística.

1.2.-GENERALIDADES

El departamento de Tarija al igual que todas las ciudades del mundo se enfrentan directamente a serios problemas de tráfico vehicular que son parte del vivir de los individuos y de su desempeño en la sociedad; la ciudad de Tarija convive con este gran inconveniente, el cual se ha incrementado a un nivel incontrolable debido al número creciente de vehículos en circulación ya sea por la facilidad de adquisición o por la necesidad de obtener un medio de transporte.

Desde hace mucho tiempo atrás la ciudad de Tarija aumentó el índice de incremento vehicular y está en constante ascenso progresivo, por lo que en algunas vías de la ciudad de un tiempo a esta parte, el flujo vehicular se formó un problema, especialmente en horas y días pico, provocando congestión, accidentes y choques. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando por no dar una solución adecuada.

La ciudad de Tarija dependen en gran manera del flujo vehicular, su capacidad y nivel de servicio, en especial en puntos críticos donde existen grandes conflictos como en la avenida Héroes de la Independencia. Muchas veces esta avenida Héroes de la Independencia del barrio San Martín y Villa Busch operaba arriba de su capacidad con el fin de abastecer la demanda de los servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, transporte público, originando problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes o congestión.

En esta avenida La Banda que se inicia desde la avenida Héroes de la Independencia del Puente San Martín y finaliza en el Puente Peregrino en particular no hay un serio problema de tráfico por ser una avenida nueva, que sirve para descongestionar el tráfico vehicular logrando así proyectar y construir sistemas viales más acordes con el entorno urbano de las aéreas adyacentes y a los requerimientos operacionales de los vehículos, dando así mayor soluciones al tránsito vehicular, de peatones, cargas, transporte público, etc., tanto de la avenida Jaime Paz como también de la zona del Puente San Martín y Villa Busch, debido a que esta zonas se encuentra

la Universidad Domingo Sabio también hay muchos puestos de ventas de productos, como restaurantes de comida lo que hace que no se pueda circular con facilidad. De esta manera la avenida La Banda está ayudando bastante a solucionar este tipo de problema que se ocasionaba en esta zona.

Pero esta avenida todavía no cuenta con un estudio de tráfico ni una adecuada señalización lo que hace que me permita hacer un “Estudio de Trafico de la Avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino” para así poder buscar el beneficio del usuario (la sociedad, conductores y peatones) el vehículo y la vialidad de dicha avenida para que se pueda tener una mejor circulación.

Para cumplir con una circulación adecuada se necesita hacer un estudio sobre la influencia del volumen del transporte público como privado. Dichos volúmenes de tránsito serán expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hará posible el desarrollo de estimativos razonables de volumen del transporte en la capacidad y nivel de servicio.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Años atrás la ciudad de Tarija era apacible y tranquila, con una población en crecimiento así mismo la demanda de vehículos se incrementó según se incrementa la población. Esta situación fue cambiando en el transcurso de los años, por lo que ahora nos encontramos con un aumento desmesurado de la población y desde luego con un tráfico vehicular desordenado, problemático con congestionamientos.

El crecimiento que hay en la ciudad de Tarija en diferentes aspectos, ya sean económicos, sociales, del tráfico, etc., hace que las personas noten ciertos problemas en diferentes lugares de la ciudad y, sobre todo, calles, avenidas, barrios, intersecciones, etc. que todavía no cuentan con la adecuada señalización lo que hace que me motive a realizar un “Estudio de Trafico de la Avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino”.

En esta zona, la inquietud que tengo por realizar un estudio vehicular es debida principalmente a que en la actualidad el flujo vehicular no es un problema

como lo es en el casco viejo de la ciudad, sino que hay ciertos problemas que se están notando día a día, como ser el aumento en gran escala de moviidades, además que las personas no tienen o no aplican la educación vial apropiada. También es de suma importancia tener una buena señalización tanto vertical como horizontalmente para que el conductor como el peatón deba aplicarla para transitar por las calles sin ningún riesgo.

Para el estudio de análisis sobre influencia del volumen del transporte público como privado en la capacidad y nivel de servicio de la avenida La “Banda “se debe realizar un estudio que permita conocer la situación actual respecto al volumen, su capacidad y nivel de servicio.

La capacidad de las infraestructuras de transporte refleja su facultad para acomodar un flujo móvil de vehículos o de personas, la calidad de servicio que las mismas prestan durante los periodos de punta y el incremento de tráfico que pueden soportar.

El nivel de servicio proporciona las condiciones de explotación del tráfico vial, como su percepción por los conductores y pasajeros, siendo los factores que caracterizan estas condiciones la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación.

1.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

❖ Situación Problémica

La ciudad de Tarija enfrenta directamente serios problemas de tráfico vehicular, el cual se ha incrementado a un nivel incontrolable debido al número creciente de vehículos en circulación; hace que las personas noten ciertos problemas en diferentes lugares de la ciudad y, sobre todo, calles, avenidas, barrios, intersecciones, etc; este caos sea ido notando día a día, a manera que transcurre el tiempo el flujo vehicular se formó un problema, especialmente en horas y días pico, provocando congestionamiento, accidentes y choques por no dar una adecuada solución.

En la ciudad de Tarija existe diferentes lugares con serios problemas de tráfico vehicular, en especial en puntos críticos como es en la avenida Héroes de la Independencia del barrio San Martín y Villa Busch; muchas veces esta avenida operaba arriba de su capacidad con el fin de abastecer la demanda de los servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos públicos o privados.

Esta avenida La Banda que se inicia desde la avenida Héroes de la Independencia y finaliza en el Puente Peregrino; es una avenida nueva que en particular no existe un serio problema de tráfico pero que nos está ayudando a descongestionar el tráfico vehicular de la avenida Jaime Paz y la avenida Héroes de la Independencia.

❖ **Problema**

Pero esta avenida todavía no cuenta con un estudio de tráfico ni una adecuada señalización lo que hace que me motive hacer un “Estudio de Tráfico de la avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino” para así poder ver el comportamiento de dicha avenida en sus tres intersecciones críticas que esta cuenta, como ser la primera intersección del Puente San Martín, la segunda del Mercado San Martín y la tercera del Puente Bicentenario para así buscar el beneficio del usuario, el vehículo y la vialidad de dicha avenida para que se pueda tener una mejor circulación.

1.5.-OBJETIVOS

❖ **Objetivo General**

Realizar el estudio de tráfico vehicular en la “Avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino” a través de aforos manuales de volúmenes y velocidades.

❖ **Objetivos específicos**

- Determinar sus características tanto físicas como geométricas de las tres intersecciones de la avenida La Banda, a través de un relevamiento.

- Realizar aforos de volúmenes de tráfico con el método manual para obtener los volúmenes de tráfico promedio horario (TPH) de cada acceso en cada intersección, a través de indicadores estadísticos.
- Realizar aforos de tiempos por el método del cronometro para determinar la velocidad en cada tramo de la Avenida La Banda.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio según los criterios del manual de carreteras con el método HCM de los EEUU versión 1985 para vías interrumpidas en las tres intersecciones de la Av. La Banda.
- Diseñar el tiempo de ciclo de los semáforos por la norma AASHTO en las tres intersecciones de la avenida La Banda con los datos de aforo de volúmenes y velocidades.
- Evaluar los resultados de volúmenes, velocidades, capacidad, nivel de servicio y semaforización a través de un análisis de cada una de las intersecciones de la Av. La Banda.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado que permite establecer el planteamiento.

1.6.-DISEÑO METODOLÓGICO

❖ Unidades de estudio y decisión muestral

Unidades de estudio.- La unidad de estudio comprende todos los estudios sobre los volúmenes y velocidades de tráfico a partir de aforos manuales, determinación de la capacidad y nivel de servicio además de la semaforización en las vías urbanas.

Población.- En la población se tomara en cuenta las diferentes calles de la ciudad de Tarija.

Muestra.- La muestra para realizar el estudio de tráfico es la avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino.

Muestreo.- Los puntos de muestreo que se realizará el estudio son tres: el primero en el Puente San Martín, el segundo en el Mercado San Martín y el tercero en el Puente Bicentenario.

❖ **Métodos y técnicas empleadas**

Para los aforos de volúmenes se realizó con el **método manual** donde se tomó en cuenta las diferentes variables como el tipo de vehículo si es liviano, mediano o pesado clasificándolo en público como privado.

Para el aforo de tiempos para el cálculo de velocidades se utilizó el **método del cronómetro** haciéndose una medición cada 5 vehículos que pasaban con una distancia de recorrido de 25 metros.

❖ **Descripción de los instrumentos para la obtención de datos**

Los instrumentos que se utilizará para la obtención de datos serán los siguientes:

- Plano.
- Cámara fotográfica.
- Planilla de aforos.
- Cronómetro.
- Cinta métrica.
- Calculadora.
- Computadora.

Plano. Para determinar las ubicaciones de los puntos de aforo.

Cámara fotográfica. Permitirá tomar fotografías de la zona de estudio.

Planilla de aforos. Es donde se suministra toda la información general que se solicita.

Cronómetro. Es para controlar los intervalos de tiempo que recorre el vehículo en una determinada distancia de 25 metros.

Cinta métrica. Instrumento que nos permite medir la longitud de un punto a otro punto.

Calculadora. Material que nos ayuda realizar cálculos en cualquier momento y lugar.

Computadora. Instrumento donde se realiza el contenido de este estudio como así también donde se procesa los datos obtenidos llegando así a un análisis minucioso.

❖ **Procedimientos de aplicación.**

Método Manual para el aforo de volúmenes:

Este método considera que el conteo de vehículos es realizado de forma manual por uno o varios observadores quienes en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La ventaja de este método está en que el aforamiento se puede hacer más completo, tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos si es liviano, mediano o pesado clasificando en privados o públicos, de frente, giro izquierda y derecha.

Método del cronómetro para aforos de tiempos para cálculos de velocidades:

Este método 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. Este método es utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro.

Se tomará distancias de 25 metros en cada tramo de la avenida La Banda.

❖ **Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.**

Tratamiento de los datos (empleo de la estadística).

Para el tratamiento de datos para el cálculo del TPH se utilizará según la norma AASHTO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos servirá para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizará un rango de depuración óptimo para tener mejores resultados de aforos de vehículos.

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

- **Media aritmética:**

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

Donde:

X = Media aritmética.

X_i = Valores de la variable x

N = Número de valores observados.

\sum = Signo de sumatoria indica que se debe sumar

- **Desviación estándar:**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_j - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

X = Media aritmética.

X_j = Valores de la variable x

N = Número de observaciones.

- **Rango de depuración Óptima**

$$X \pm \sigma$$

Donde:

x = Media Aritmética

σ = Desviación Estándar

1.7 ALCANCE

➤ Alcance General

La ciencia de la ingeniería de tráfico que nace producto de la necesidad de resolver el problema de tráfico con usuarios que tienen diferente comportamiento, vehículos que han tenido avance tecnológico muy importante y vías que han quedado fuera del contexto debido a los trazos urbanos que mantienen su geometría desde su fundación, carreteras que no han cambiado su estructura geométrica ante los vehículos de mayores dimensiones y menor peso.

Trataremos la importancia que tienen en la actualidad los conceptos fundamentales del tráfico en nuestro medio ya que el tráfico es la ciencia de estudiar analizar y buscar soluciones para que la interrelación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos y privados, vías de carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios.

Se estudiara sobre el conocimiento general de los elementos del tráfico: elemento usuario, vía y vehículo más sus características y tipos de cada elemento; los parámetros esenciales del tráfico como ser la velocidad, volumen o intensidad de tráfico y densidad de tráfico; la capacidad y nivel de servicio. En la capacidad se verá la capacidad en vías interrumpidas, los diferentes métodos de cálculo de capacidades como ser el método INVIAS y el método HCM; y en el nivel de servicio los diferentes tipos de niveles de servicio de una carretera más su respectiva determinación del nivel de servicio y semaforización.

Se hará la medición de los parámetros del tráfico de la velocidad, volúmenes de tráfico ; en la velocidad haremos la medición en campo de la velocidad de punto, en los volúmenes de tráfico se tomara los datos de aforos que nos podrán servir para poder hacer el respectivo cálculo de todos los parámetros de la ingeniería del tráfico como velocidad de punto, volúmenes de tráfico, capacidad y niveles de servicio y semaforización; una vez teniendo todos los respectivos cálculos se hará un análisis de resultados de cada parámetro.

Concluido el trabajo sobre el “Estudio de tráfico en la Avenida la Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino” se obtendrá los resultados de cada parámetro de tráfico que nos servirá para poder determinar la capacidad, el nivel de servicio y el tiempo de ciclo de la semaforización de dicha avenida, con el conocimiento más sólido del tema se hará algunas recomendaciones que ayuden en un futuro próximo a hacer un buen estudio de tráfico.

➤ **Alcance Específico**

Se efectuara una introducción sobre la importancia que tienen en la actualidad los conceptos fundamentales del tráfico en nuestro medio ya que el tráfico es la ciencia de estudiar analizar y buscar soluciones para que la interrelación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos y privados, vías de carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios.

Al inicio también se verá la evolución del transporte, los trazos urbanos, elementos de circulación, evolución del vehículo, los problemas del tráfico, factores del problema, tipos de solución y planteamiento de soluciones que todos estos conceptos son muy importantes tenerlos en cuenta para hacer un estudio de tráfico.

Luego se estudiara sobre el conocimiento general de los elementos del tráfico: elemento usuario, vía y vehículo más sus características y tipos de cada elemento.

El elemento usuario se estudiara desde el punto de vista como usuario conductor y usuario peatón que ambos toman distinta posición. El elemento vía se estudiara las características geométricas y de circulación; entre las características geométricas se verá el ancho de carril, ancho de calzada, sección transversal, pendiente e intersección y dentro de las características de circulación se verá aspectos como el sentido de flujo, numero de sentidos y posibilidades de maniobra que son factores que afectan en general a la circulación del tráfico. El elemento vehículo es el tercer elemento fundamental en el problema del tráfico se estudiara las características de dimensiones, operación y características de costo.

Dentro del capítulo de parámetros del tráfico se realizara un estudio general sobre los conocimientos básicos de los parámetros esenciales del tráfico como ser la velocidad, volumen o intensidad de tráfico y densidad de tráfico.

En la velocidad se verá los diferentes tipos de velocidades como la velocidad de punto, velocidad de recorrido total, velocidad de crucero, velocidad de circulación y velocidad percentil; en el volumen o intensidad de tráfico se estudiara los tres tipos de indicadores normalizados que son: el trafico promedio diario (TPD), trafico promedio horario (TPH), y volumen directriz; y en la densidad de tráfico se verá las formas de determinación y las relaciones entre parámetros velocidad – volumen, velocidad – densidad y volumen – densidad.

La capacidad y niveles de servicio son estudiados en los conceptos claros de la capacidad y nivel de servicio. En la capacidad se verá la capacidad en vías interrumpidas, los diferentes métodos de cálculo de capacidades como ser el método INVIAS y el método HCM; y en el nivel de servicio los diferentes tipos de niveles de servicio de una carretera más su respectiva determinación del nivel de servicio.

En la semaforización se verá los componentes del semáforo, los sistemas semafóricos como ser la coordinación alterna y coordinación progresiva, tipos de semáforos y los diagramas espacio – tiempo.

Se hará la medición de los parámetros del tráfico de la velocidad, volúmenes de tráfico; en la velocidad haremos la medición en campo de la velocidad de punto, velocidad de recorrido total y velocidad de crucero, en los volúmenes de tráfico se tomara los datos de aforos; que todas estas mediciones nos podrán servir para poder hacer el respectivo cálculo de todos los parámetros de la ingeniería del tráfico.

Aquí se hará el cálculo de todos los parámetros del tráfico con las mediciones que tomamos en el anterior capitulo, donde calcularemos la velocidad de punto, velocidad de recorrido total, velocidad de crucero, volúmenes de tráfico, capacidad y niveles de servicio y semaforización; una vez teniendo todos los respectivos cálculos se hará un análisis de resultados de cada parámetro.

Concluido el trabajo sobre el “Estudio de tráfico en la Avenida La Banda entre Héroes de la Independencia y Puente Peregrino” se obtendrá los resultados de cada parámetro de tráfico que nos servirá para poder determinar la capacidad, nivel de servicio y el tiempo de ciclo de la semaforización. Los resultados nos servirán para proponer alternativas de solución que involucre la señalización, semaforización y validación de los flujos de circulación, además con el conocimiento más sólido del tema se hará algunas recomendaciones que ayuden en un futuro próximo a hacer un buen estudio de tráfico.

CAPÍTULO II

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO

2.1. EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE

A través de los siglos, la evolución tanto de camino como de vehículo y durante los siglos I, II, hasta el siglo IX, pasaron una serie de antecedentes.

Entre los siglos XI hasta el XV pasa varios factores y empieza a crecer el tránsito y debido a esto se creó los primeros mapas de caminos y reaparecen los vehículos.

Recién en el siglo XVI se inicia la construcción de caminos en América como medio de extender la colonización y explotación de recurso.

Las últimas décadas del siglo XIX ven la aparición con motor a gasolina, ya en el siglo XX este tipo de automóvil es considerado como un artefacto de lujo y deporte.

2.2. PROGRESO DEL VEHÍCULO DE MOTOR

Los cambios principales que ha sufrido el vehículo de motor son básicamente los de su potencia, velocidad y comodidad. Finalmente se puede decir que el vehículo no solamente ha llegado al grado de las altas velocidades y de la enorme potencia de su motor, sino que ese cambio sigue sucediendo año con año y no se ve fin a su evolución.

2.3 DEFINICIÓN DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

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

Del libro de: La ingeniería de tránsito y carretera de *Nicholas J. Garber* y *lester A. Hoel* podemos destacar lo siguiente, “Que la especialidad de la ingeniería de

tráfico y transporte son la **planificación**, que incluye la selección de proyecto para su diseño y construcción; **el diseño**, que contempla la especificación de todas las características del proyecto de transporte; **la construcción** abarca todos los aspectos de edificación; la **administración y operación** del tránsito incluyen estudios para mejorar la capacidad y seguridad; y el mantenimiento implica todo el trabajo necesario para que se conserve todo el sistema y orden apropiado de operación”.

2.4 TRAZOS URBANOS

Los trazos urbanos datan de hace muchos años mantienen la traza cuadrícula no acorde a las condiciones de población equipamiento y parque automotor actuales.

Nuestra actual conformación urbana corresponde al de una ciudad antigua crecida; a un patrón cuadrícula rectangular, multiplicada. Y ese trazo es el que data de cientos años antes de la Era Cristiana, cuando solo había vehículos tirados por animales y cabalgaduras.

2.5. PROBLEMA DEL TRÁFICO

El problema del tráfico radica básicamente en la enorme disparidad que existe entre el vehículo moderno y los caminos antiguos que tiene que usar.

Sería imposible que un automóvil desarrollado en el Siglo XXI y que está en continua evolución para reducir las distancias y los costos de transporte, pueda ser usado eficientemente en caminos y calles trazadas para cabalgaduras o para vehículos tirados por animales; o aun, para vehículos de motor de hace 40 o 50 años.

2.6. FACTORES DEL PROBLEMA

Analizando el problema ya enunciado, vemos que intervienen cinco factores que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solución al mismo. Estos factores son:

1. Diferentes tipos de vehículos en el mismo camino

Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.

a) Automóviles.

- b)* Camiones y autobuses, de alta velocidad.
- c)* Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques.
- d)* Vehículos tirados por animales (que aún subsisten en algunos países).

2. Superposición del tránsito motorizado en caminos inadecuados

- a)* Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.
- b)* Calles angostas, torcidas y fuertes pendientes.
- c)* Aceras insuficientes.
- d)* Caminos que no han evolucionado.

3. Falta de planificación del tránsito

- a)* Calles, caminos y puentes que se sigue construyendo con especificaciones anticuadas.
- b)* Intersecciones proyectadas sin base técnica.
- c)* Prevención casi nula para estacionamientos.
- e)* Falta de obras complementarias del camino.

4. El automóvil no considerado como necesidad pública

- a)* Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte.
- b)* Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor.

5. Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario

- a)* Legislación y reglamentos de tránsito anacrónicos y que tienden más a forzar al usuario a los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario.
- b)* Falta de educación del público en general a la importancia del vehículo automotor.

Todos estos factores crean el problema cuya severidad se puede medir en: accidentes y congestión.

2.7. TIPOS DE SOLUCIÓN

Si el problema del tráfico nos causa pérdida de vidas y bienes, o sea que equivale a una situación de falta de seguridad para las personas y de ineficiencia económica del transporte, la solución, la obtendremos haciendo el tráfico más seguro y eficiente.

Hay tres tipos de solución que podemos dar al problema del tráfico:

1. Solución integral

Identificando el problema de tráfico ya sea en aéreas urbanas o en carreteras la primera idea de la ingeniería de tráfico es conseguir una solución definitiva al problema y para ello se tendría que buscar una solución integral que por su puesto sería de muy alto costo, pero en contra posición sería la solución definitiva

Si nuestro problema es causado por un vehículo moderno sobre caminos antiguos, la solución integral consistirá en crear nuevos tipos de caminos que sirvan a este vehículo, dentro de la previsión posible. Necesitaremos crear ciudades con trazo nuevo, revolucionario; calles destinadas a alojar al vehículo de motor, con todas las características inherentes al mismo.

Esta solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales, ya que necesitaríamos barrer con todo lo existente.

2. Solución parcial de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente tenemos, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos, como calles angostas, cruces peligrosos, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, etc., pueden atacarse mediante la inversión necesaria que es, siempre muy elevada. Entre las medidas que pueden tomarse están: el ensanchamiento de calles; modificar intersecciones

rotatorias; creación de intersecciones canalizadas; sistemas de control automático con semáforos; estacionamientos públicos y privados, etc.

3. Solución parcial de bajo costo

Una solución de bajo costo podemos considerarla de punto parcial, es decir no soluciona definitivamente el problema de tráfico pero conjuntamente es una solución que está basada en el aprovechamiento máximo de las condiciones físicas existentes, con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito, a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario. Incluye, entre otras cosas, la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito, las medidas necesarias de educación vial; el sistema de calles con circulaciones un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de tránsito y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo.

2.8 BASES PARA UNA SOLUCIÓN

De cualquier manera, la experiencia demuestra que en cualquier tipo de solución deberán existir cuatro bases en que se apoye la misma.

Estos cuatro elementos son:

- Ingeniería de Tráfico
- Educación Vial
- Reglamentación y normativa
- Vigilancia y control policial

1. Ingeniería de Tráfico

Este pilar de la base de soluciones es la que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir del análisis de estos se plantea soluciones reales y adecuadas. Es aquí donde participa en forma decidida el Ingeniero de Tráfico quien debe recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2. Educación Vial

Es un pilar importante porque el conjunto de usuarios ya sean estos peatones o conductores deben tener un mínimo de educación vial que les permita un mejor accionar dentro de los flujos vehiculares y peatonales ya que es frecuente que los usuarios cometan errores e infracciones que son causas de accidentes y por lo general perjudican la normal circulación vehicular y peatonal en calles y carreteras.

En realidad la educación vial es una obligación de los medios de transporte, medios de comunicación, organismos policiales, instituciones gubernamentales, etc.

3. Reglamentación y normativa

La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuadas a las condiciones de las vías y a las características de los vehículos que circulan además de las necesidades del usuario.

Estos reglamentos y normas deben ser puestos en vigencia y revisados periódicamente de acuerdo a la evolución que vaya teniendo al Tráfico para tratar en lo posible que estén acordes a las condiciones reales y actuales.

4. Vigilancia y control policial

Para hacer cumplir las normas, reglamentos y hacer una planificación de la circulación vehicular y peatonal la cual se cumpla es necesario que haya vigilancia y control policial cuya labor en nuestro medio es recomendada a los organismos operativos de tránsito.

Aquel medio en el que faltan algunos de estos cuatro elementos, no tendrá un tránsito exento de accidentes y de congestionamientos. Es necesario que, cualquiera que sea el tipo de solución que se adopte, tome en cuenta estas tres armas indispensables.

Es necesario que un profesional especializado en tránsito resuelva los problemas del proyecto físico del camino con todos sus detalles; que las instituciones educacionales y el Gobierno tomen por su cuenta la preparación del individuo para la era motorizada en que vive.

2.9 METODOLOGIA

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

- Recopilación de información.
- Procesamiento de la información.
- Análisis de la información procesada
- Planteamiento de soluciones.

1. Recopilación de los datos

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

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

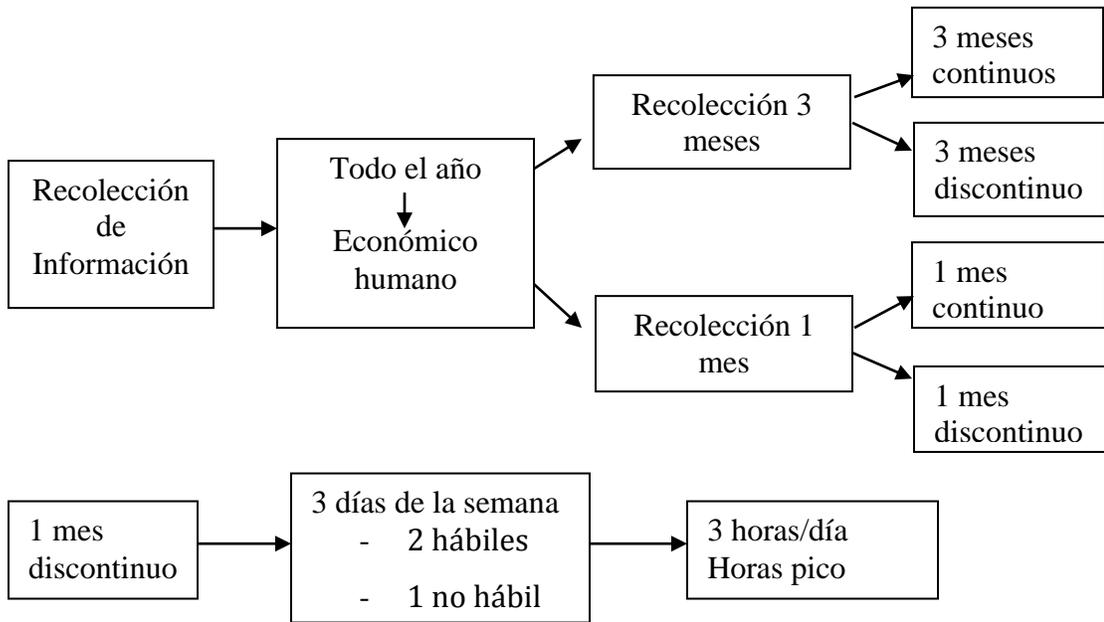
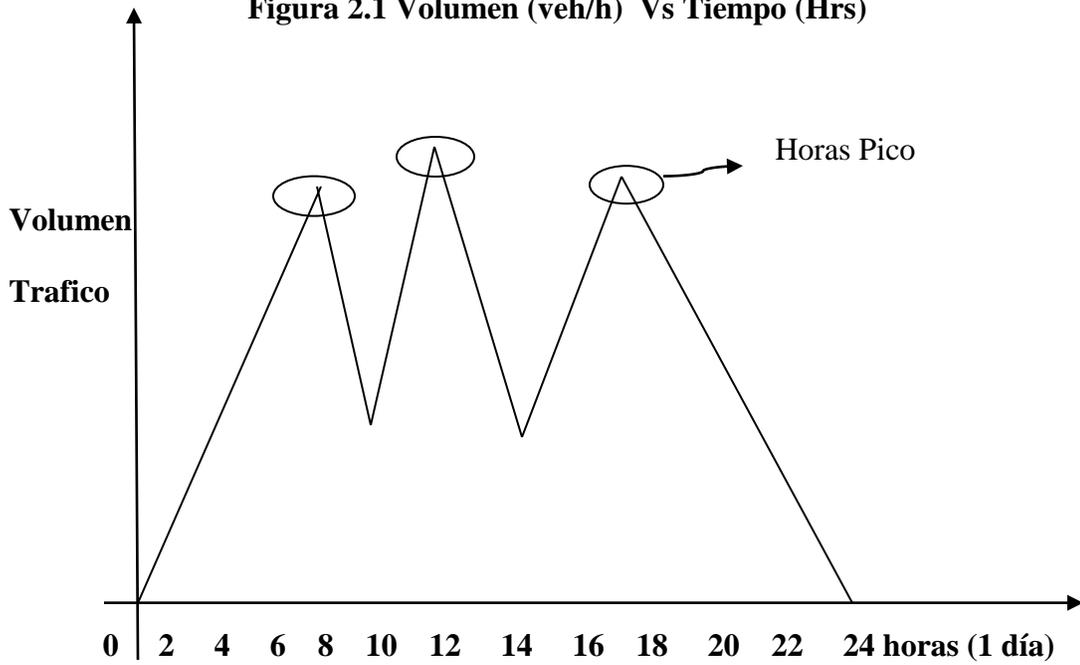


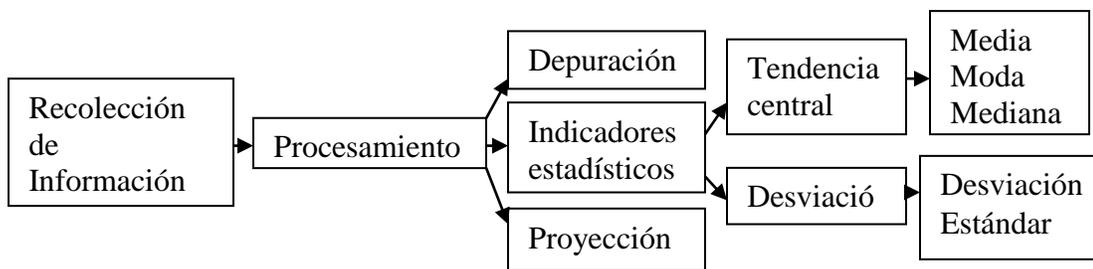
Figura 2.1 Volumen (veh/h) Vs Tiempo (Hrs)



Fuente: Elaboración propia

2. Procesamiento de Información

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



Rango de depuración:

Optima $X \pm G$

Regular $X \pm 2 G$

Mínima $X \pm 3 G$

$X = \text{Media}$

$G = \text{Desviación estándar}$

3. Análisis de la información procesada

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

4. Planteamiento de soluciones

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

2.10. ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO

La Ingeniería de tráfico basa su estudio en la consideración de 3 elementos fundamentales que son:

- 1) Elemento usuario
- 2) Elemento vía
- 3) Elemento vehículo

1) ELEMENTO USUARIO

El elemento usuario es la persona que está dentro de la circulación vehicular y peatón siendo parte del problema pudiendo tomar dos decisiones que son:

- a) Usuario conductor
- b) Usuario peatón

a) Usuario conductor

El elemento usuario conductor definimos como la persona que va a conducir un vehículo el cual circulará por calles y carreteras.

El elemento usuario está regido por acciones físicas y psicológica.

❖ Acciones físicos y psicológicos

Acciones Físicas

Las acciones físicas pueden ser de 2 tipos:

- 1) De habilidad.
- 2) De hábito.

1) De habilidad.- Un conductor debe tener cierta habilidad para conducir un vehículo de manera que dé seguridad a los peatones y así mismo, la habilidad de cada conductor, generalmente se va adquiriendo una habilidad mayor a lo largo del tiempo que se conduce un vehículo.

2) De hábito.- Es la costumbre de un usuario conductor al momento de conducir un vehículo esto se puede dar por la forma de conducir por la habitualidad de los lugares de circulación por la repetición de veces que puedan realizar ciertas acciones al conducir.

Aspectos Psicológicos

El usuario conductor también está supeditado a acciones psicológicas que se consideran no condicionadas que pueden hacer que el conductor adquiera un comportamiento diferente en cualquier momento por su estado emocional que hacen que el individuo reaccione de diferente manera, alguno de los aspectos que hacen que el individuo reaccione emocionalmente son:

- * La fatiga.
- * Enfermedad provocada por el alcohol.
- * Estado emocional interno.
- * Condiciones del tiempo.
- * Época del año.

Estos factores indicados pueden hacer variar la forma de conducir temporalmente en el usuario conductor. Tanto las condiciones físicas como las psicológicas se manifiestan en los tiempos de reacción que pueda tener el conductor ante la presencia de objetos en la calle o carretera.

❖ Cualidades de un buen conductor

Se considera que un buen conductor debe tener las siguientes cualidades:

- Poseer reacciones buenas a los estímulos visuales.

- Calcular correctamente las distancias y velocidades de acuerdo con el movimiento de vehículos y peatones.
- Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia.
- Tener actitud mecánica y habitual para el vehículo.
- Ser personas que respetan las normas y el derecho de los demás.

b) Usuario Peatón

El peatón o transeúnte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras.

Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas.

Actualmente en los centros urbanos hay un elevado número de vehículos motorizados, por ello en estos centros urbanos los peatones accidentados ocupan cifras importantes.

2) ELEMENTO VIA

El elemento vía es aquel elemento que físicamente permite el espacio necesario para la circulación de los vehículos vía urbana o calle y en las zonas rurales a la carretera.

Las características de la vía que esta relaciona con la problemática del tráfico. Son básicamente:

- a) Características Geométricas
- b) Características de circulación

a) Características geométricas

Entre las características geométricas de la vía que están caracterizadas tenemos las siguientes: Ancho de carril, de calzada, sección transversal, pendiente intersección.

✓ **Ancho de carril**

Este elemento de la vía condiciona la capacidad vehicular es decir a mayor ancho de carril mayor capacidad vehicular para retención tenemos algunos valores normalizados de anchos de carril tanto de vías urbanas como en carreteras.

Tabla 2.1 Anchos de carril

VÍAS URBANAS	CARRETERAS
2,5 m	2,50 m
3,0 m	3,05 m
3,5 m	3,35 m
4,0 m	3,50 m
	3,65 m

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

✓ **Ancho de calzada**

Los anchos de calzada de vías están relacionados con el número de carriles por sentido que pueda tener la vía urbana de carretera. Se tienen algunos valores tanto en vías urbanas como carreteras.

Tabla 2.2 Anchos de calzada

VÍAS URBANAS	CARRETERAS
5 m	5 m
6 m	6,1 m
7 m	6,7 m
8 m	7,0 m

9 m	7,3 m
10 m	10,5 m

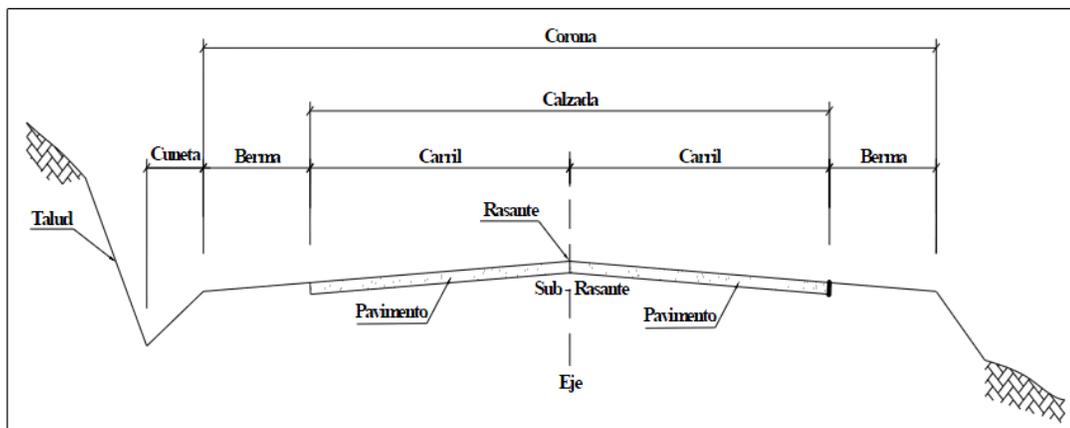
Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

✓ Sección transversal

La sección transversal de la carretera o de vía urbana está relacionada con los dos aspectos anteriores es decir el ancho de carril y ancho de calzada y otros elementos geométricos adicionales como ser:

Aceras, bordillos, jardineras, talud de corte, talud de relleno, etc.

Figura 2.2 Sección transversal de una carretera



Ref. Diseño Geométrico de Carreteras de James Cárdenas Grisales.

Fuente: Diseño geométrico de James Cárdenas Grisales.

✓ Pendiente

Otro de los aspectos geométricos que influyen en la circulación de los vehículos es la pendiente longitudinal de las vías es decir a mayor pendiente menor velocidad y menor volumen de tráfico y a menor pendiente mayor velocidad y mayor volumen de tráfico.

Las pendientes que se utilizan en vías urbanas están en el orden de 0.5% a 4% y en las carreteras de 0.5 % a 12 %.

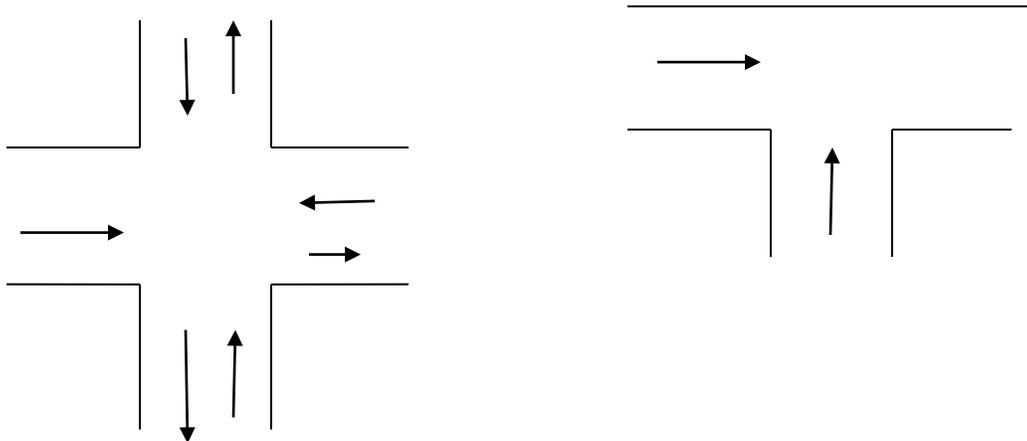
✓ Intersección

Es un elemento geométrico particular de las vías urbanas y ocasionalmente en carreteras, es donde confluyen dos flujos vehiculares en distinto sentidos por lo tanto es un elemento fundamental del análisis de tráfico.

Según el número de acceso que haya en intersección esta puede ser:

- Simple - Simple
- Simple - Doble
- Doble - Doble
- En T

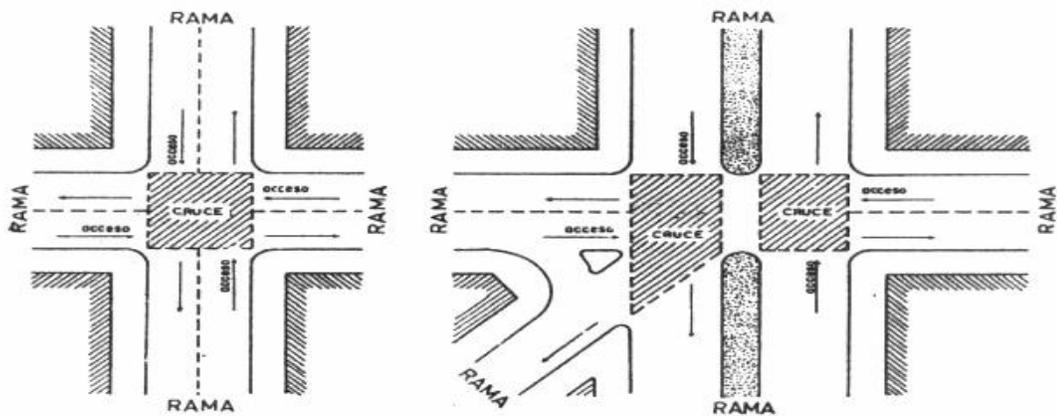
Figura 2.3 Ejemplos de intersecciones



b) Características de circulación:

La vía como elemento fundamental de tráfico no sólo es importante en su geometría sino también en las características de circulación donde aspectos como el sentido de flujo, el número de sentidos y posibilidades de maniobra son factores que afectan en general a la circulación del tráfico.

Figura 2.4 Características de circulación



Otro aspecto que afecta el comportamiento del tráfico en las características de la vía es el tipo de capa de rodadura pudiendo ponerse rodaduras de tipo pavimentado, (asfáltico, rígido y articulado) y rodadura de carpeta de grava o tierra cuanto mejor son las condiciones de rodadura mayor serán las velocidades y volúmenes de tráfico mientras que la rodadura es de mala calidad reducirán las velocidades y volúmenes de tráfico.

3) ELEMENTO VEHÍCULO

Es el tercer elemento fundamental en el problema del tráfico, es el de mayor evolución ha tenido a través de los años con relación a los otros elementos y probablemente es el que ha salido de la concordancia con los otros elementos ya que el vehículo actual es muy diferente al vehículo de hace 50 años tanto en dimensiones, en velocidad, en potencia y en otras características cuyas condiciones de la vía no están acordes a ese vehículo.

Entre las características que nos interesan del elemento vehículo podemos establecer las siguientes: Características físicas, características de dimensiones, característica de operación y característica de costo.

a) Características físicas

Las características pueden variar de un vehículo a otro, de diferentes dimensiones, diferentes marcas, modelos, ya que actualmente circulan tipos muy variados, para simplificar estas características vamos a nombrar y especificar qué tipo de vehículos o movibilidades circulan en la ciudad de modo muy generalizada, el cual se divide en vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados.

1.- Vehículos livianos

- ◆ Bicicletas
- ◆ Motocicletas
- ◆ Taxis
- ◆ Vagonetas
- ◆ Camionetas pequeñas
- ◆ Jeep

2.- Vehículos medianos

- ◆ Camionetas de 4 o 6 cabinas
- ◆ Camiones
- ◆ Micros

3.- Vehículos pesados

- ◆ Camiones con remolque
- ◆ Camiones sin remolque

b) Características de dimensiones

Tanto en vehículos que circulan en vías urbanas como en carreteras la evolución de los vehículos a través de los años han ido variando sus dimensiones en función de las necesidades del uso de vehículo.

Tabla 2.3 Característica de dimensiones**Dimensiones de los automóviles**

Dimensión	Máxima	Mínima
Ancho	2,06 m	1,14 m
Largo	6,0 m	4,56 m
Alto	1,75 m	1,25 m

Dimensiones de los autobuses

Dimensión	Máxima	Mínima
Ancho	2,44 m	2,44 m
Largo	12,25 m	7,15 m
Alto	2,90 m	2,44 m

Dimensiones de Camiones simples sin remolque

Dimensión	Máxima	Mínima
Ancho	2,44 m	1,88 m
Largo	11,0 m	5,75 m
Alto	3,81 m	1,75 m

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

2.11 PARÁMETROS ESENCIALES DEL TRÁFICO

Los parámetros fundamentales de tráfico son aquellos que están presentes en forma permanente en el comportamiento del flujo vehicular teniéndose 3 parámetros fundamentales que son la velocidad, volumen o intensidad de tráfico y densidad de tráfico.

2.12 PARÁMETRO DE VELOCIDAD

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora.

➤ Tipos de velocidad

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

- a) Velocidad de punto
- b) Velocidad de recorrido total
- c) Velocidad de crucero
- d) Velocidad directriz o de diseño
- e) Velocidad de circulación media

a) Velocidad de punto

La velocidad de punto es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc. La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras.

En el caso de ciudades las distancias para medir velocidades de punto serán de 25, 50 o 100 metros y en el caso de carreteras los espacios serán de 100, 200 o 500 metros siempre y cuando no haya accesos de entrada y de salida.

La relación que nos permite determinar la velocidad de punto es la siguiente.

Dónde:

VP = velocidad de punto

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

d = distancia de recorrido

t = tiempo de recorrido

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene.

➤ **El método del cronómetro**

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, uno 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 cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro.

➤ **El método del enoscopio**

Se utiliza además del cronómetro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se refleja en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronómetro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturna.

➤ **El método del radar métrico**

Es el método menos utilizado pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así la velocidades de punto

b) Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella velocidad que se asemeja más al comportamiento real del vehículo en circulación, si bien también es una relación de espacio sobre tiempo para el caso de velocidades de recorrido total el espacio que se toma en cuenta debe ser más grande debido a que se quiere reflejar todas las restricciones a las maniobras de velocidad y todas las causas de demora que pudiesen presentarse, para ello se requiere de una distancia relativamente grande. En el caso de ciudades urbanas estas distancias de recorrido total son elegidas en función de la dirección de los flujos direccionales más importantes; en carreteras se toman tramos experimentales que reflejen el comportamiento real de la carretera.

La velocidad de recorrido total es la relación entre la distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación más el tiempo de demoras.

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

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

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

$$VR = \frac{dr}{(tc + td)}$$

Dónde:

VR = velocidad de recorrido total (km/hr)

tc = tiempo de circulación (hr)

td = tiempo de demoras (hr)

dr = distancia de recorrido total (km)

c) Velocidad de crucero

La velocidad de crucero es una velocidad que se determina analíticamente en base a la relación de una distancia recorrida entre un tiempo neto de circulación. El mismo estudio de las velocidades de recorrido total puede servir de información para determinar las velocidades de crucero tomando en cuenta sólo los tiempos de circulación y no así los tiempos de demora.

Esta velocidad de crucero nos permite hacer una comparación y análisis con las velocidades de punto ya que ambos tienen la misma concepción, son velocidades de vehículos en movimiento, su diferencia está que el uno tiene un entorno de flujo libre y el otro tiene un entorno de vehículos en un flujo de circulación.

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

Dónde:

VC = velocidad de crucero

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

dr = distancia de recorrido total

tc = tiempo de circulación

d) Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un valor muy importante tanto en carreteras como en calles urbanas, la velocidad de diseño no es resultado de un aforamiento más bien es de concepto que indica que la velocidad de diseño debe ser aquella con el cual el 80% o más de los vehículos que circulan deben tener esa velocidad.

La velocidad de diseño es un valor adoptado tanto en carreteras como en calles. En el caso de carreteras existen tablas de velocidades de diseño recomendables en función al tipo de carretera.

En el caso de calles urbanas no está tan ligada la velocidad de diseño a las características geométricas y físicas de las calles ya que estas están más relacionadas con conceptos arquitectónicos. En las ciudades la velocidad de diseño se adopta en función de los valores de la velocidad de circulación media que son producto de promedios de las velocidades de punto en diferentes arterias de la ciudad.

e) Velocidad de circulación media

Es la velocidad que se determina a partir de las velocidades de punto registradas en varios puntos de la ciudad y determinando sus valores medios. De estos valores se puede adoptar ya sea el valor máximo, el valor medio o un valor mínimo como valores de velocidad de diseño de acuerdo a las características propias de cada estudio de cada proyecto.

2.13 PARÁMETRO VOLUMEN O INTENSIDAD

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1hr, 1 día, una semana, un mes o un año.

Intensidad es la cantidad de vehículos que pasa por una sección de carretera o una vía urbana en un periodo de tiempo que sea fracción de hora donde se tenga la mayor cantidad de vehículos.

❖ Tipos de volúmenes

En los volúmenes de tráfico normalmente se tiene 3 tipos de indicadores normalizados que son:

- 1) Tráfico Promedio Diario (TPD)
- 2) Tráfico Promedio Horario (TPH)
- 3) Volumen directriz

1) Tráfico Promedio Diario (TPD)

Dentro de los volúmenes de tráfico considerando que el concepto general es de la relación de número de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera o calle en un periodo de tiempo, si ese periodo de tiempo es de un día o 24 horas el volumen determinado recibe el nombre de Tránsito Diario, si ese conteo o aforo es realizado por varios días el valor promedio es conocido como Tránsito Promedio Diario. Normalmente se estipula que un estudio de volúmenes de tráfico completo debe tener un tiempo de duración de registro de un año, por lo tanto los valores de Tránsito Diario que se obtengan serán de Tránsito Promedio Diario Anual.

2) Tráfico Promedio Horario (TPH)

Los volúmenes horarios a diferencia de los volúmenes diarios dentro de los estudios de ingeniería de tráfico son más significativos porque nos muestran las características de circulación en cuanto al número de vehículos en cada hora correspondiente a un día y en todo el transcurso de un año eso permite trabajar estadísticamente y formar polígonos de frecuencia, histogramas, determinar horas pico, determinar variaciones horarias, etc.

Si bien es más importante tener información del tráfico horario, también es cierto que resulta más costoso obtener esta información debiendo tenerse mayor personal, mayores puntos de aforo y por lo tanto un mayor costo.

Cuando no es posible tener información sobre el Tránsito Promedio Horario se puede utilizar la relación establecida por la AASHTO que han estudiado el efecto del volumen del tráfico quienes establecen la siguiente relación:

$$\text{TPH} = (12\% - 15\%) \text{TPD}$$

3) Volumen directriz

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".

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

❖ **Aforo de volúmenes**

Existen dos tipos marcados de aforamiento que son:

- 1) Los métodos manuales
- 2) Los métodos automáticos.

1) Métodos Manuales

Son aquellos en los cuales se considera que el conteo de vehículos va a ser realizado en forma manual por uno o varios observadores quienes en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La desventaja de este método es que es muy lento, trabajoso y con posibilidades de tener errores personales, además de tener un costo elevado por la cantidad de personal necesario.

La ventaja de este método está en que el aforamiento puede ser más completo y tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos, número de ejes, tipo de vehículos por servicio (Comerciales, de servicio público, particulares, de carga, etc.)

2) Métodos Automáticos

Los métodos automáticos son aquellos que han tratado de aminorar los costos, la cantidad de personal y la precisión de información sobre el número de vehículos registrados en un punto. Se ha tenido una evolución respecto a estos métodos en función a los equipos que se han ido utilizando, una primera de realizar

automáticamente el aforo fue mediante las membranas eléctricas que fueron colocadas transversal al eje de la calle o carretera que ante el paso de los vehículos producían un impulso eléctrico el cual estaba conectado a un contador que avanzaba en cada impulso. Esta metodología es utilizada hasta ahora teniendo la ventaja de que puede realizarse conteos diarios u horarios pero con la desventaja de que no muestra la composición del tráfico ni las características del mismo.

Para mejorar este sistema luego han sido creados los bucles magnéticos que estaban colocados como un lazo transversal a la calzada de la calle o carretera y estos también conectados a un contador y en los últimos modelos a un ordenador, la ventaja de este sistema es que los bucles estaban calibrados para un determinado peso.

❖ **Flujo direccional**

Se entiende por flujo direccional a las direcciones que se van determinando en función de los máximos volúmenes ya sean estos de registro diario o de registro horario.

En el caso de las carreteras los flujos direccionales si no se tienen muchos accesos entre dos puntos prácticamente está definido por el sentido de la carretera.

En el caso de las ciudades es más complejo debido a que el flujo direccional primero que no será único, es decir, pueden existir varios flujos direccionales dados en función a los volúmenes que se van presentando en cada una de las arterias o calles y segundo que los flujos direccionales en las ciudades pueden variar en las horas y en los días.

La definición de flujos direccionales es de mucha importancia para establecer intersecciones críticas, calles críticas, horarios críticos y días críticos con respecto al volumen de tráfico que nos servirán en el momento de plantear soluciones.

❖ **Intersecciones críticas**

Una intersección crítica a aquélla que posee en determinadas horas del día un flujo vehicular grande con volúmenes de llegada a dicha intersección mayores a los de otras intersecciones cercanas a la misma que forman parte del mismo flujo. Las

intersecciones críticas siempre son parte o se encuentran dentro de un flujo direccional pudiéndose encontrar también en la zona de cruce de dos flujos direccionales; las intersecciones críticas son sujetas por lo general a congestionamientos si es que no se toman las acciones requeridas para evitarlas como serla implementación de semáforos.

2.14 PARÁMETRO DENSIDAD

La densidad vehicular es la cantidad de vehículos que por unidad de longitud que normalmente se toma 1 km, este parámetro es resultante de las dos anteriores es decir de la velocidad y del volumen de tráfico cuya relación será:

$$Densidad = \frac{Volumen}{Velocidad}$$

Densidad=Volumen/Velocidad

Velocidad = velocidad de circulación [Km/hrs]

Volumen = Volumen de tráfico [veh/hrs]

➤ Formas de determinación

En la actualidad gracias al avance de la tecnología han aparecido equipos electrónicos, como detectores neumáticos, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, fotografías, filmadoras, etc. que de alguna manera pueden ayudar a medir la densidad del tráfico.

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

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

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

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

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

➤ **Relación entre parámetros velocidad - volumen, velocidad - densidad y**

Densidad - volumen

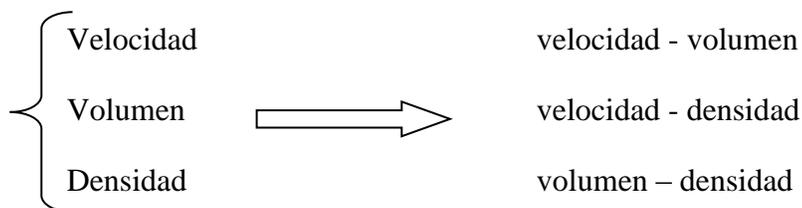
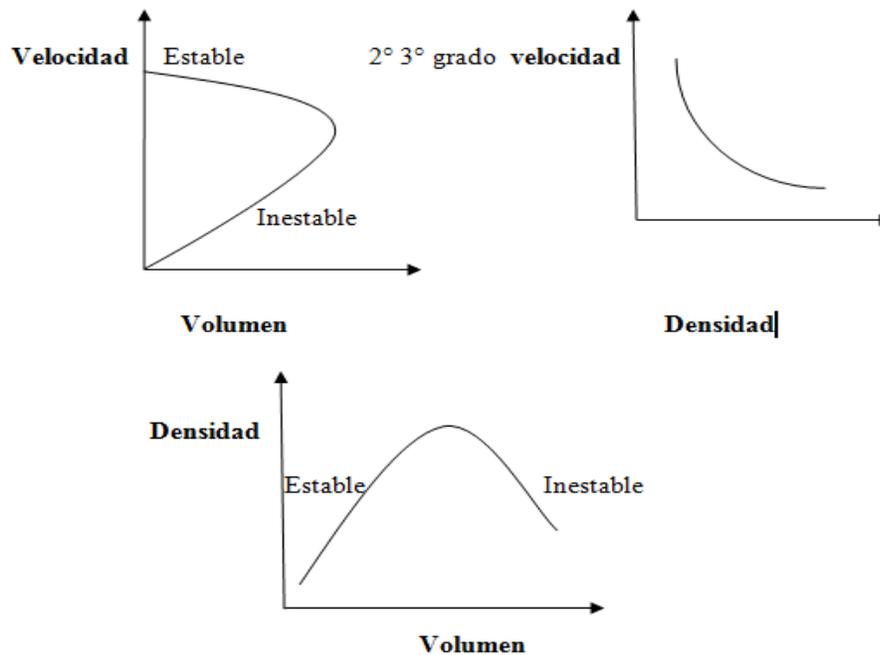


Figura 2.5 Modelos matemáticos de comportamiento



Fuente: Elaboración propia

Relación Velocidad – Volumen

La relación que existe entre estos 2 factores es que a mayor volumen disminuye la velocidad hasta llegar a un punto inestable donde pasa a ser la velocidad de variaciones pequeñas, sin incremento considerable del volumen.

Relación Velocidad – Densidad

Los factores de velocidad y densidad también se correlacionan dentro del comportamiento de tráfico y su relación entre estas es que cuando aumenta la densidad menor es la velocidad.

Relación Volumen – Densidad

Al igual que los otros factores fundamentales existe una relación directa del comportamiento del tráfico entre volumen o intensidad y densidad siendo esta que a mayor volumen mayor densidad en la zona estable, cambiando en la forma opuesta en la zona inestable.

CAPÍTULO III

CAPACIDAD, NIVEL DE SERVICIO Y SEMAFORIZACIÓN

3.1CAPACIDAD.

Se define a la capacidad vehicular como el número de vehículos máximo que pasa por una sección de una calle o carretera en un periodo de tiempo que puede ser normalmente horario o diario y que razonablemente puede esperarse que pasen por dicho tramo de camino o calle.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera como el intervalo más corto durante el cual puede

La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas, condición del pavimento, etc.) y las del tráfico (especialmente su composición y circulación). Además habrá que tener en cuenta las regulaciones de la circulación que existan (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamientos, etc.) y que influirán sobre el tráfico. Por último, habría que considerar las condiciones ambientales y meteorológicas. Aunque se tiene poca experiencia sobre la influencia de estos factores, ya que generalmente es pequeña y que solo en condiciones excepcionales puede llegar a ser determinantes.

En este sentido, la capacidad de una sección de una carretera podrá alcanzar un valor máximo cuando sus propias condiciones y las del tráfico sean óptimas, lo que corresponde a una capacidad en condiciones ideales.

Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión de a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

- 1) Vías Ininterrumpidas
- 2) Vías Interrumpidas

1) Vías Ininterrumpidas

Se consideran vías ininterrumpidas aquellas que dentro de su trazo por el cual circula el flujo vehicular no tienen interrupciones y si los hay son en escasa continuidad con relación a la longitud de recorrido en este tipo de vías están consideradas las autopistas, las carreteras multi carril y las carreteras de dos carriles.

De estas solo estudiaremos la capacidad vehicular de dos carriles porque el 98 % de la red del país son este tipo de carreteras sin embargo las metodologías para el cálculo de capacidad son diferentes para cada una de ellas.

2) Vías Interrumpidas

Las vías interrumpidas son aquellos que por la presencia de flujos transversales al flujo principal, son interrumpidas en forma periódica, en este caso están todas las vías urbanas, porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadrulado, con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que permite un flujo transversal al flujo principal

Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM de los EEUU versión 1985:

Para la determinación de la capacidad en calles se ha establecido a partir de innumerables estudios que los lugares más críticos son los accesos de las intersecciones y es ahí donde se debe determinar la capacidad que se presentará a la capacidad de las calle.

Al igual que para la capacidad de carreteras el manual de capacidad HCM de la administración federal de los EEUU versión 1985 han determinado las bases para obtener los valores de capacidad en vías interrumpidas para ello se establece lo siguiente metodología.

El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

- a) Determinación de la capacidad teórica o ideal

b) Determinación de la capacidad práctica o posible.

c) Determinación de la capacidad real.

a) Capacidad teórica.-

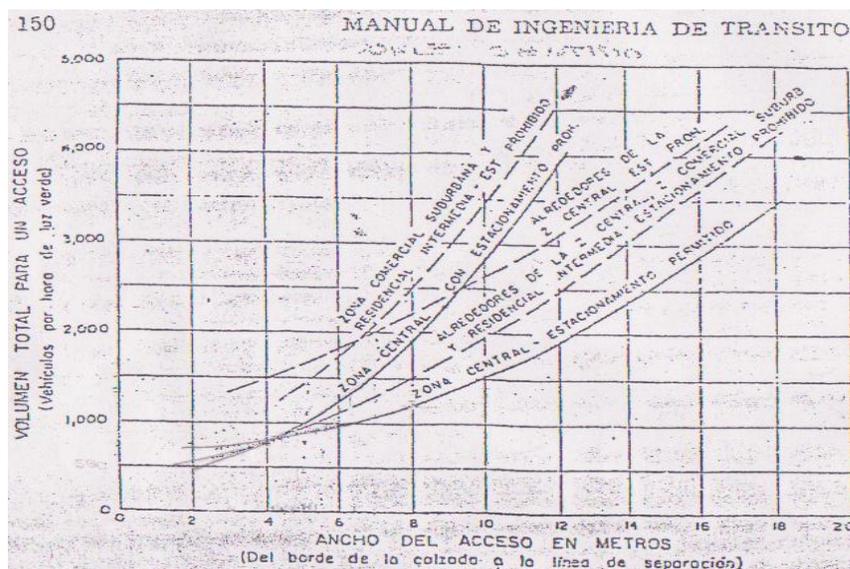
Sea establecido a partir de varios estudios que se han desarrollado en varios tipos de intersecciones tomando en cuenta dos factores esenciales: el ancho del acceso y las características funcionales.

El ancho de acceso.- Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede nuevo acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

Características funcionales.- Están básicamente la posibilidad de estacionamiento en los accesos y la ubicación de la intersección en el entorno del trozo urbano.

Es decir si está en zona central, intermedia o periférica. Tomando estos dos factores se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Tabla 3.1 Ábacos del Manual de ingeniería para 1 sentido



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

b) Capacidad práctica o posible

Sea visto que la capacidad teórica puede tener variabilidad en el tiempo debido a otros factores o variables como las variaciones de flujo o volúmenes, variaciones de las condiciones de los accesos a los vías meses o épocas del año, motivo por cual por seguridad sea establecido que hay una capacidad práctica o posible que es igual al 10% menos de la capacidad teórica.

Es decir para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0.9 a la cap. Teórica.

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

c) Capacidad real

Las condiciones particulares de cada y en la de cada acceso hace que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores reducción que está dada por una metodología ya establecida.

Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierda, giros derecha, paradas antes o después de la intersección, estacionamiento, etc.

Factores de reducción

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y éstos son:

- giros
- Estacionamiento
- Veh. Pesados.
- Paradas antes y después de la intersección

Una vez determinada la cap. Real y teniendo el vol. Del acceso se

Calcula la relación Vol. /capacidad. → Tabla → NS.

Se define en capacidad en vías interrumpidas a la cantidad máxima de vehículos que circulan por las calles o lugares críticos en las calles como intersecciones en un determinado tiempo normalmente de 1 hora. A diferencia de la capacidad que tienen las carreteras, en las calles existen otras condiciones diferentes de circulación de volumen de tráfico, de maniobras de interrupciones, de flujo peatonal, etc.

Estas condiciones hacen que la capacidad en las calles sea diferente a la capacidad en carreteras.

La metodología que sigue para determinar los factores reducción en las siguientes:

Por giros.- Sustraer 0,5% por cada 1% en el que el tráfico gira a la derecha, pasa del 10% el tránsito total.

Sustraer el 1% por cada 1% en el que el tránsito en gira a la izquierda pasa del 10% del tránsito total. La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20% del tránsito total.

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

Por estacionamiento.- permitidos restar 1,80m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recálculo de la Cap. Teórica.

Por vehículos pesados.- Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibuses y camiones pasen del 10% de número total.

Por lo tanto el cap. Real será el producto del cap. Práctica multiplicada por el factor de paradas y factor de estacionamientos y por el factor de veh. Pesados.

Capacidad intersección puede tener de dos o más accesos también tendrán capacidad diferentes de cada acceso. Se considera como cap. De la intersección a la cap. Más baja. Con estas condiciones la capacidad real es igual a la siguiente relación:

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Dónde:

Fvp= Factor de vehículos pesados

Fai= Factor por paradas antes de la intersección

Fdi= Factor por paradas después de la intersección

Fgi= Factor por giro izquierdo

Fgd= Factor por giro derecho

Determinación de niveles de servicio

Para la determinación del Nivel de Servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección y la capacidad de dicha intersección, esta relación es conocida como el *Factor de Carga*. Con este valor entramos la tabla 4.1 que se muestra a continuación y determinamos a qué Nivel de Servicio corresponde.

Tabla 3.2 NIVELES DE SERVICIO MÉTODO HCM

TABLA 1		
NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
Nivel de Servicio	Descripción del Flujo de Tránsito	Factor de Carga V/C
A	Flujo Libre	0,0
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
a. Capacidad		
b. No aplicable		

Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

3.2 NIVEL DE SERVICIO

- **Nivel de servicio A.** Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

- **Nivel de servicio B.** Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

- **Nivel de servicio C.** Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

- **Nivel de servicio D.** El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

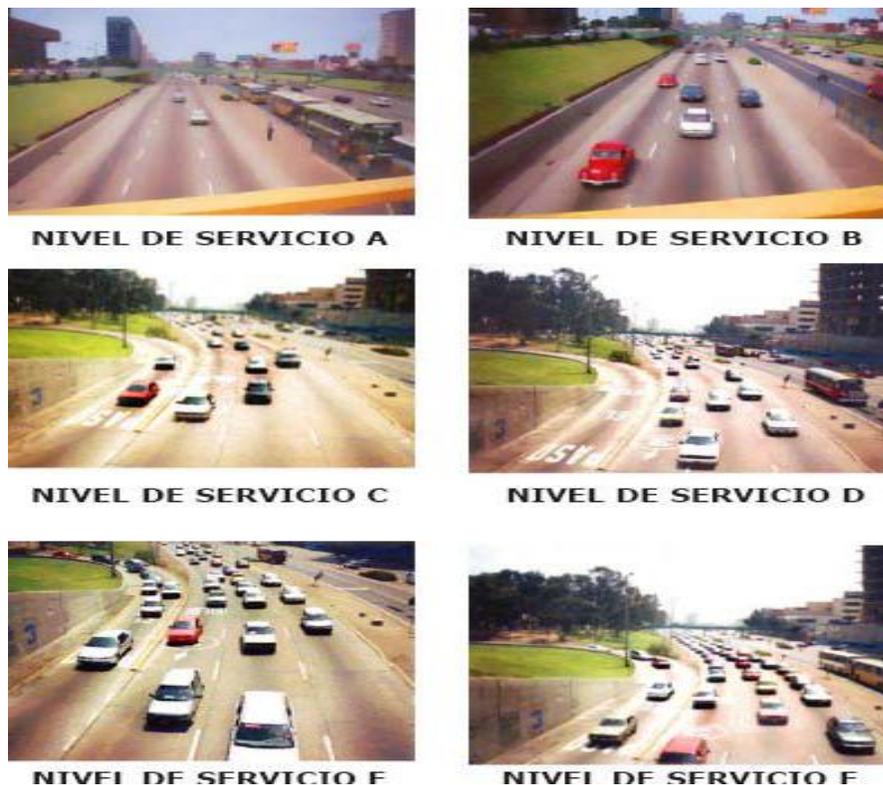
- **Nivel de servicio E.** Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas

condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

- **Nivel de servicio F.** Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular.

Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

Figura 3.1 Diferentes tipos de servicio



Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (8ª Edición)

3.3 SEMAFORIZACIÓN

Se denomina semáforo en ingeniería de tráfico, aquel parámetro de apoyo a la regularización de la circulación vehicular y peatonal utilizando para ellos dispositivos especiales denominados semáforos que da un derecho de paso, tanto vehicular como peatonal.

También es una de las maneras más efectivas de control vehicular y peatonal en una intersección es el uso de semáforo. El factor más importante que determina la necesidad para uso de semáforos en una intersección en sí, es el volumen de tránsito en el acceso a la intersección, así como el volumen de peatones y los accidente de tránsito.

◆ Clasificación

De acuerdo a su función operacional los semáforos pueden clasificarse en:

- ✚ Semáforos para circulación vehicular:
- ✚ Semáforos para peatones
- ✚ Semáforos especiales

Tipos de semáforos vehiculares y peatonales

1) Semáforos vehiculares

A) Al lado de la vía de tránsito:

1. Postes entre 2.40 y 4.50 metros de alto.
2. Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas).

B) Por encima y dentro de la vía de tránsito:

- 1.- Postes o pedestales en islas.
- 2.- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
- 3.- Suspendidos mediante cables (Guayas).

Los accesorios de fijación deben permitir ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable.

➤ **Número**

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales donde éstos sean requeridos, los cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas les permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque uno de los semáforos sea obstruido momentáneamente por camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche.

➤ **Ubicación transversal**

El semáforo con soporte del tipo poste se ubicará a 0.60 metros medidos de la orilla exterior de su parte más saliente. Cuando no exista la acera, se ubicarán de tal manera que la proyección vertical de su parte más saliente coincida con el hombrillo del camino, fuera del acotamiento.

➤ **Altura**

Para un buen funcionamiento, la parte inferior de la cara del semáforo tendrá una altura libre de:

- ✚ Para semáforos con soporte del tipo poste, Altura mínima 2.30 metros. Altura máxima 3.50 metros. Nos muestra la (figura 3.2).
- ✚ Para semáforos con soporte del tipo ménsula larga (Figura 3.3) Altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.00 metros.
- ✚ Para semáforos suspendidos por cables con una altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.00 metros, (Figura 3.4).

➤ **Forma**

Todas las lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de forma circular, excepto las verdes con flechas, que pueden ser rectangulares.

Figura. 3.2 Semáforos montados en postes

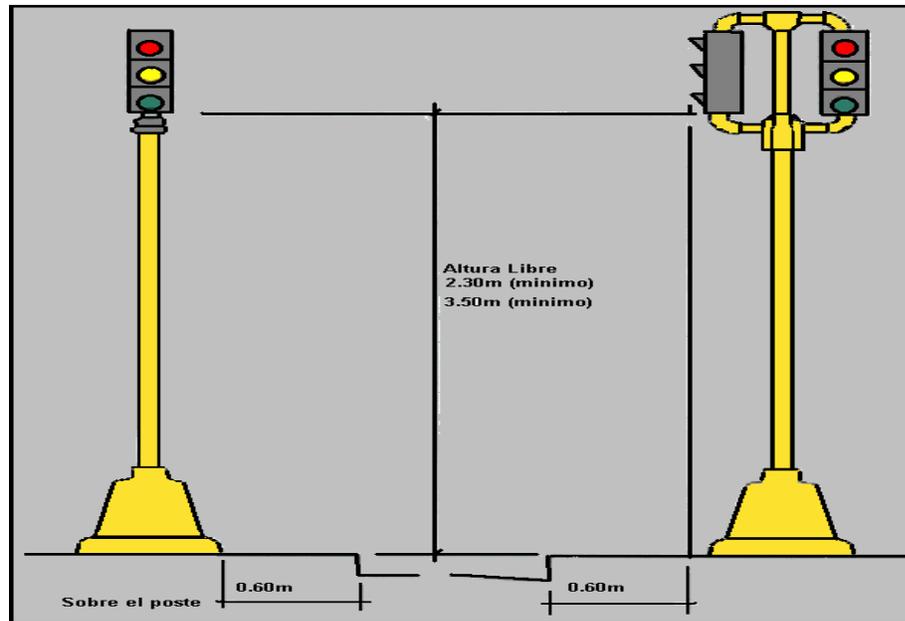


Figura 3.3 Semáforo montado en ménsula larga sujeta a parte lateral

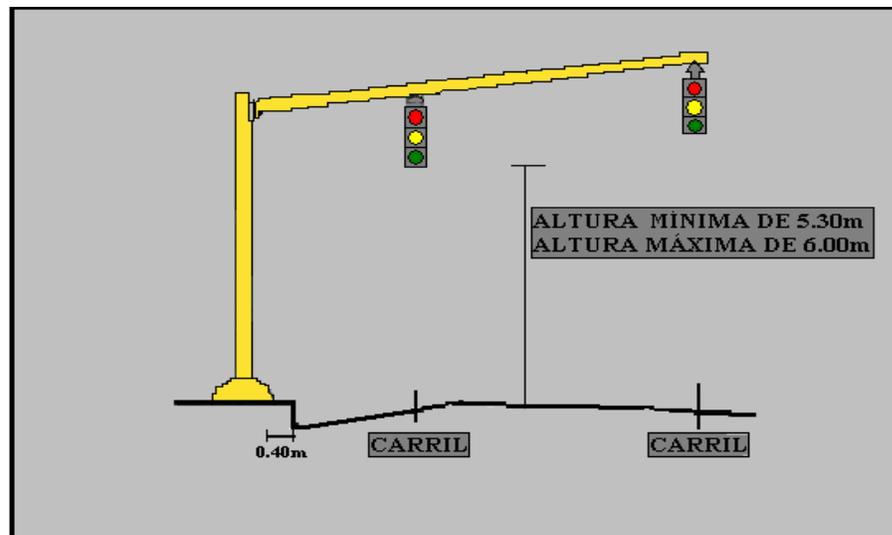
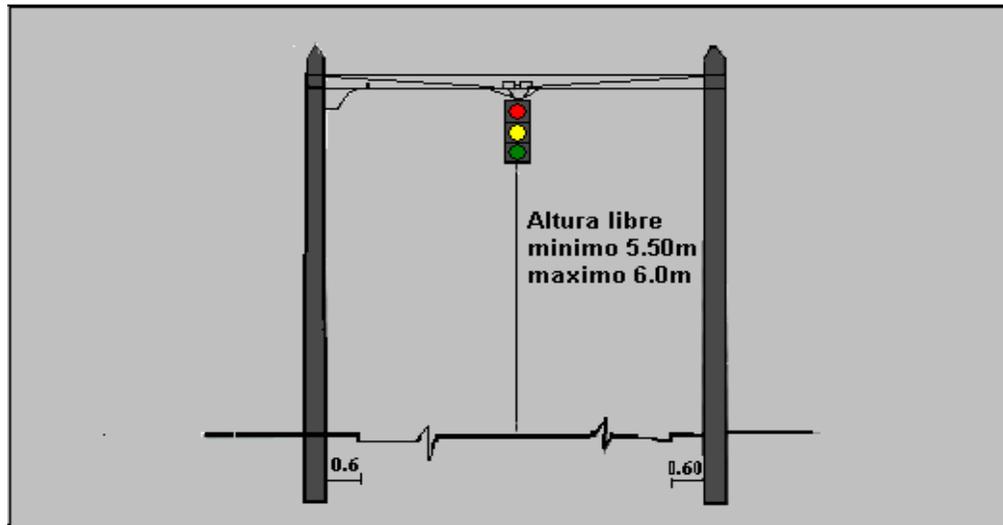


Figura 3.4 Semáforo montado suspendido por cables



2) Semáforos peatonales

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

- A) La indicación PARE iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá Atravesar la calle en dirección a la señal, mientras ésta se encuentra encendida.
- B) La indicación de PASE iluminada en color verde fijo significa que los peatones que se encuentran frente al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del mismo.
- C) La indicación de PASE en color verde intermitente significa que un peatón no deberá empezar a cruzar la calle en dirección de la señal, porque la luz de ésta va a cambiar a la indicación de PARE; cualquier peatón que haya iniciado su cruce durante la indicación fija deberá acelerar la marcha y seguir hasta la acera o la isla de seguridad. Puede utilizarse con el mismo fin la indicación de PARE intermitente.

Figura. 3.5 Semáforos en zonas escolares



Figura. 3.6 Semáforo para peatones con la indicación ALTO y PASE

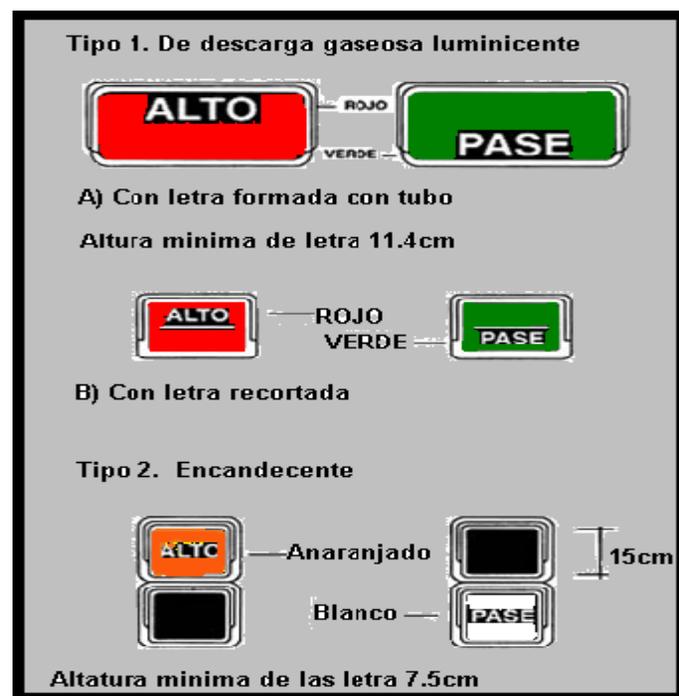
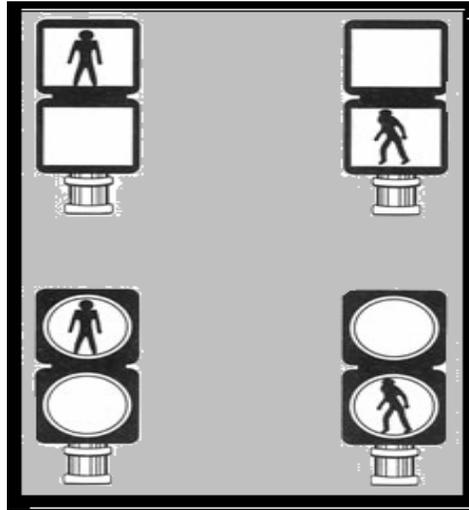


Figura. 3.7 Semáforo para la indicación para dar paso a la gente



◆ Características de los semáforos vehiculares

Las características físicas de los semáforos son idénticas tanto para los de tiempo predeterminado como para los activados por el tránsito, la única diferencia consiste en el mecanismo que dirige la operación.

Están constituidos por los siguientes elementos:

• Cabeza

Se denomina cabeza de un semáforo al elemento que contiene las señales luminosas y tiene un número determinado de caras en diversas direcciones y a su vez contiene a las señales luminosas o focos.

• Caras

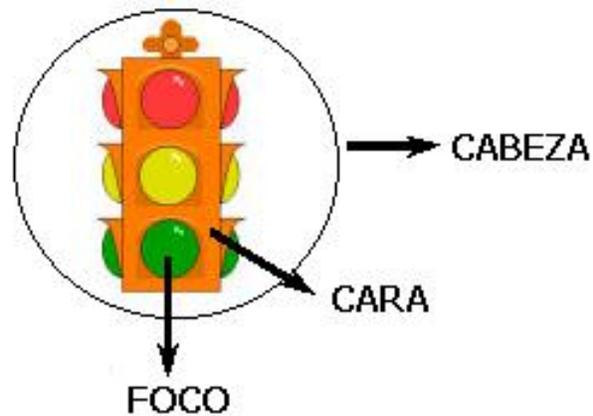
Cada cara de un semáforo contiene 3 o más zonas ópticas o lentes que están formados verticalmente.

• Focos

Son lentes ópticas formados cada uno por una lente para un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso en una dirección y un vidrio difusor circular y viseras arriba y a los costados eventualmente. Los focos de cada cara se ubican en

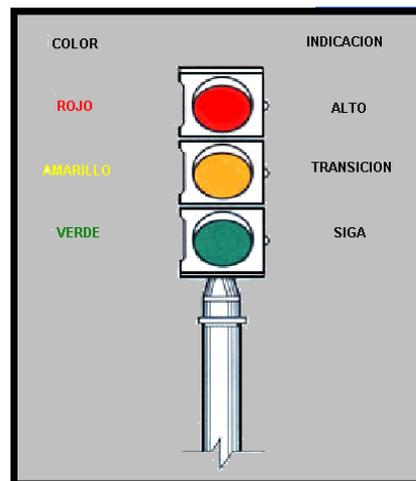
la sgte. Posición: el rojo en la parte alta, inmediatamente el amarillo y por último el verde y si hay señales adicionales como ser giros pueden ir debajo o a un costado de la señal verde.

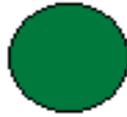
Figura. 3.8 Característica de los Semáforos Vehiculares



◆ **Significado de los colores**

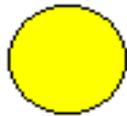
Figura.3.9 Color e indicación del semáforo vehicular.



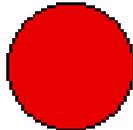
Verde Total

El tránsito que observe esta luz puede seguir de frente o girar a la izquierda o derecha a menos que alguna señal prohíba el giro, sin embargo los conductores debe respetar el derecho de paso a otros vehículos o peatones que estén cruzando legalmente la intersección.

Los peatones que observen esta luz también pueden proceder a cruzar la vía dentro de los pasos marcados o no, a menos que existan semáforos peatonales que indiquen otra cosa.

Amarillo Fijo

La luz amarilla advierte que inmediatamente después aparecerá el rojo y el conductor, si aún puede debe detener el vehículo para esperar la próxima fase verde, esta fase verde preverá el tiempo suficiente para permitir el despeje de vehículos antes que entre el tránsito de la otra arteria.

Rojo Fijo

El tránsito de frente a la luz roja debe parar antes de la línea de pare que indique el paso peatonal y debe permanecer detenido hasta la aparición del verde. Ningún peatón debe entrar en la calzada a menos que un semáforo peatonal indique su paso.

Verde con Flecha de Frente

El tránsito que tenga esta señal debe seguir su marcha de frente sin hacer giros a ningún lado. Los peatones que se encuentren de frente a esta señal

pueden cruzar la vía dentro de su paso marcado a menos que haya un semáforo peatonal que indique otra cosa.

Verde con Flecha de Giro



El tránsito que tenga esta señal debe entrar en la intersección con cuidado para hacer el giro indicado por la flecha verde.

Rojo Intermitente (Señal de Pare)

Cuando el semáforo está en rojo intermitente los conductores de vehículos deben detenerse antes del paso peatonal y el derecho a seguir estará sujeto a las normas vigentes para una señal de pare.

Amarillo Intermitente (Señal de Precaución)

Cuando el semáforo está en amarillo intermitente los conductores de vehículos a pueden pasar la intersección con suma precaución.

◆ Condiciones para la instalación de semáforos

Los semáforos de tiempos predeterminados deben ser instalados si cubren una o más de las siguientes condiciones.

Condición N° 1 volúmenes mínimos

Es deseable la instalación de semáforos cuando se exceden, durante un período de 8 horas de un día promedio, los valores consignados en la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Condición N° 1 volúmenes mínimos

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

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

Cuando el 85% de los vehículos que circulan por la calle principal excede los 65 Km/h o cuando la intersección se encuentra en poblaciones menores de 10.000 habitantes, la condición de vehículos mínimos responde al 70% de los valores consignados en la anterior tabla.

Condición N° 2 demoras en el tránsito

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

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

Tabla 3.4 Condición N° 2 demoras en el tránsito

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

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

Condición N° 3 volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos que excedan los valores de la tabla siguiente durante ocho horas consecutivas de un día promedio.

Tabla 3.5 Condición N ° 3 volumen mínimo de peatones

Tipo de Intersección	Total Veh/Hora Ambos Sentidos		Total Peat/Hora	Periodo mantenimiento de demanda (Hora)
	Calzada No Divida	Calzada Divida Cantero Central >1.2 m.		
Fuera de áreas escolares	600	1000	150	8
Corresponde a áreas escolares	800		250	2

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

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

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

Cuando la velocidad del 85% de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 Km /h, o cuando la intersección se encuentre en poblaciones de menos de 10.000 habitantes, la condición de valores mínimos responde al 70% de los consignados en la tabla anterior.

Condición N ° 4 sistema coordinado de semáforos

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

La condición de movimiento coordinado exige que:

- ✚ En un sistema coordinado lineal de calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando, entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.
- ✚ Si en una calle de doble sentido, los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado de control de pelotón y velocidad, deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un eficiente funcionamiento del sistema.

Condición N ° 5 prevención de accidentes

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

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

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

- ✚ Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados mediante Semaforización.
- ✚ Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.
- ✚ Que los valores de demanda de las tres primeras condiciones sean superiores en un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Condición N° 6 combinación de condiciones

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

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

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

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

◆ Determinación de Fases

En un sistema de semáforos el aspecto más relevante es la asignación de tiempo para las distintas fases que son:

- 1) Fase Roja
- 2) Fase Amarilla
- 3) Fase Verde

Tiempo de fase amarilla

Como la fase amarilla requiere solo un tiempo para culminar la acción y es de carácter preventivo las diferentes investigaciones sobre comportamiento de semáforos han dado como resultado que a fase amarilla debe tener un tiempo entre 3 -5 seg. que son suficientes para culminar una acción en medio de la intersección

Tiempo de Ciclo

Es aquel que se requiere para lograr una vuelta recorriendo todos las fases, existen diferentes criterios sin embargo no existen precisión para un valor exacto de ciclo, teniéndose un rango en el cual debe estar inmerso ente tiempo de 35 a 120 seg.; es posible también determinar aproximadamente un ciclo recomendable con las siguientes relaciones

$$C = \frac{d}{3.6 v} \quad \text{Para 1 sentido}$$

$$C = \frac{d}{7.2 v} \quad \text{Para 2 sentidos}$$

C= Ciclo (seg)

d= Distancia entre semáforos (m)

V = Velocidad de circulación

Tiempo de Fase Verde y Roja

La determinación de los tiempos de fase verde y roja deben tomar en cuenta las siguientes variables

- 1) El volumen de demanda vehicular
- 2) La composición del Trafico
- 3) El Volumen de la demanda peatonal
- 4) Los movimientos de giro

Tomando en consideración esos aspectos se tiene las siguientes relaciones que nos permiten calcular los tiempos de fase verde y fase roja

$$C = T_{ama A} + T_{ama B} + T_{fase VER} + T_{fase ROJ}$$

$T_{ama A}$ =Tiempo de fase amarillo en A

$T_{ama B}$ =Tiempo de fase amarillo en B

$T_{fase VER}$ = Tiempo de fase verde

$T_{fase ROJ}$ = Tiempo de fase roja

$$\frac{T_{ama B} * V_{ol B}}{T_{fase ROJ}} = \frac{T_{ama A} * V_{ol A}}{T_{fase VER}}$$

$V_{ol B}$ =Volumen de tráfico en B

$V_{ol A}$ =Volumen de tráfico en A

◆ Coordinación de Semáforos

- a) Coordinación alterna
- b) Coordinación progresiva

a) Coordinación alterna:

Este sistema consiste en colocar semáforos en forma alternada entre fases rojas y verdes. Este sistema logra una buena eficiencia siempre y cuando la velocidad esté cerca a la obtenida por la siguiente relación:

$$V = 7.2 D / C$$

Dónde: D = Distancia entre intersecciones.(m)

V = Velocidad de circulación (Km/hr)

C = Tiempo de ciclo.(seg)

Este sistema pierde su eficiencia si la distancia entre intersecciones es reducida por lo tanto se requerirá mayor velocidad que la de circulación y en definitiva podrá dar lugar a bastante pérdida de tiempo en espera de las fases verdes.

b) Coordinación progresiva

Este sistema intenta ser correlativo y proporcional a las distancias entre intersecciones, es decir, a mayor distancia entre intersecciones mayor tiempo de fase verde, este sistema es eficiente siempre y cuando el volumen de circulación sea más o menos constante.

La coordinación de los semáforos se determina de la siguiente relación:

$$N = \frac{c}{T_{CRUCE}}$$

Dónde:

N= Numero de Semáforos que cruza a velocidad constante

C = Tiempo de Ciclo (seg)

T_{CRUCE} = Tiempo que tarda en llegar de un semáforo a otro semáforo

Si:

$N > 2$ el sistema será Progresivo

$N < 2$ el sistema será Alternativo

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA AVENIDA LA BANDA

4.1 UBICACIÓN

El estudio de tráfico fue realizado en la ciudad de Tarija en la avenida La Banda que se inicia desde la avenida Héroes de la Independencia del Puente San Martín y finaliza en el Puente Peregrino.

Esta avenida de doble vía cuenta con tres intersecciones específicas que se tomó en cuenta para hacer el respectivo estudio de tráfico: La primera ubicada en el Puente San Martín, la segunda en el Mercado San Martín y la tercera en el Puente Bicentenario.

Figura 4.1 Ubicación Av. La Banda



Fuente: Imagen satelital del Google Earth

El departamento de Tarija al igual que todas las ciudades del mundo se enfrentan directamente a serios problemas de tráfico vehicular que son parte del vivir de los individuos y de su desempeño en la sociedad; la ciudad de Tarija convive con este gran inconveniente, el cual se va incrementado el crecimiento urbano, como

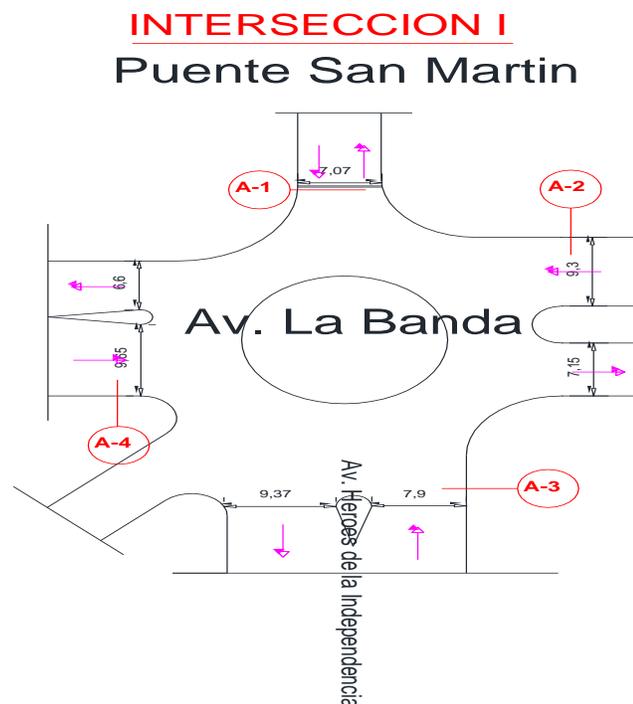
también el parque automotriz se incrementa, hace que se tenga que realizar estudios de tráfico en sus avenidas.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Esta avenida La Banda que nos sirve para descongestionar el tráfico vehicular de la avenida Jaime Paz como también la zona del Puente San Martín ya que en esa zona es muy congestionada en sus horas picos debido a que es una zona muy comercial .De esta manera la avenida la Banda está ayudando bastante a solucionar este tipo de problema que se ocasionaba en esta zona.

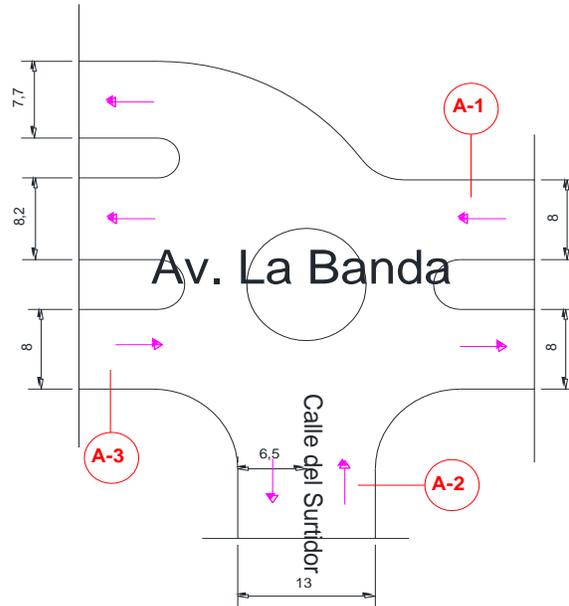
El área del proyecto de acuerdo a las características de la avenida la Banda se demarco tres intersecciones específicas: La primera ubicada en el Puente San Martín, la segunda en el Mercado San Martín y la tercera en el Puente Bicentenario donde se realizó los aforos de volúmenes y tiempos para el cálculo de velocidades de punto.

Figura 4.2 Intersecciones de la Av. La Banda



INTERSECCION II

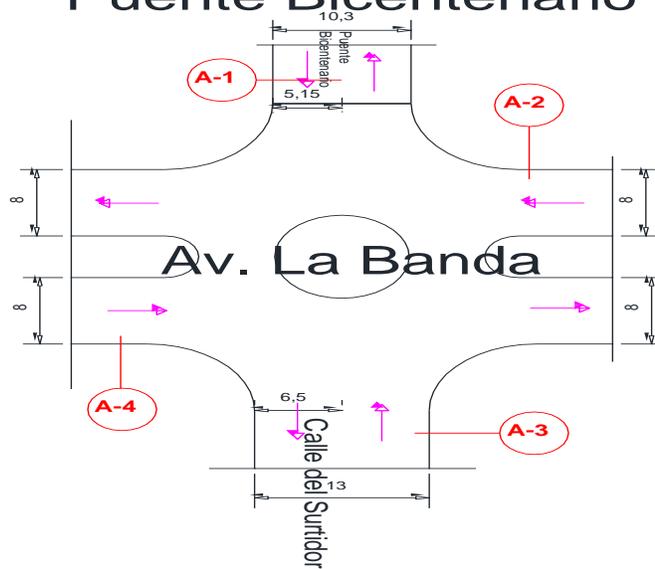
Mercado San Martin



Fuente: Elaboración propia

INTERSECCION III

Puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

4.3 PARÁMETROS DE TRÁFICO

Los parámetros de tráfico que fueron objeto de estudio son: volúmenes de tráfico, velocidad, capacidad y nivel de servicio y semaforización, cuyo desarrollo de su estudio y análisis se desarrolla en los siguientes puntos:

PROCESO DE ESTUDIOS

4.3.1 Aforos de volúmenes:

Primero para empezar todos los aforos de los volúmenes de tráfico vehicular se encuentran en **anexos** se utilizó el **método manual y la Norma AASHTO** para el cálculo de volúmenes.

a) Aforos de un día para ver las horas pico del día.

Se realizó el aforo de un día **anexo 1** desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche en el tramo del Mercado San Martín al Puente Bicentenario aforando los vehículos de ida al Puente Bicentenario como de vuelta, para determinar las tres horas pico del día de dicha avenida.

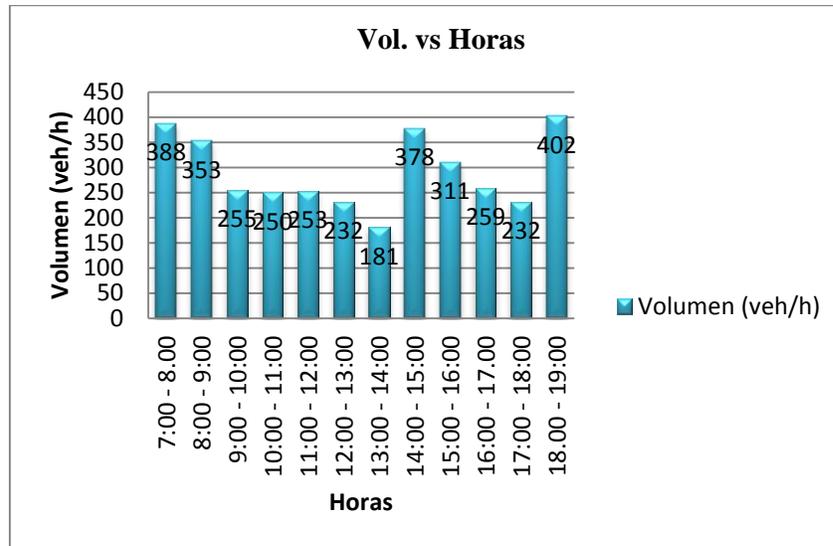
Tabla 4.1 De ida del Mercado San Martín al Puente Bicentenario



Volumen (veh/h)	Horas
388	7:00 - 8:00
353	8:00 - 9:00
255	9:00 - 10:00
250	10:00 - 11:00
253	11:00 - 12:00
232	12:00 - 13:00
181	13:00 - 14:00
378	14:00 - 15:00
311	15:00 - 16:00
259	16:00 - 17:00
232	17:00 - 18:00
402	18:00 - 19:00

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día del Mercado San Martín al Puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

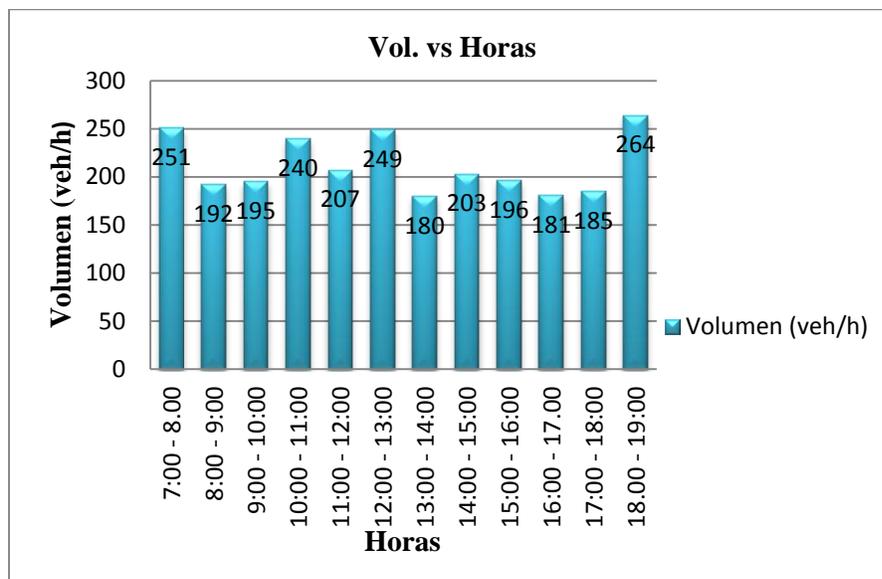
Tabla 4.2 De ida del Puente Bicentenario al Mercado San Martín



Volumen (veh/h)	Horas
251	7:00 - 8.00
192	8:00 - 9:00
195	9:00 - 10:00
240	10:00 - 11:00
207	11:00 - 12:00
249	12:00 - 13:00
180	13:00 - 14:00
203	14:00 - 15:00
196	15:00 - 16:00
181	16:00 - 17:00
185	17:00 - 18:00
264	18.00 - 19:00

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día del Puente Bicentenario al Mercado San Martín



Fuente: Elaboración propia

b) Aforos de una semana

También se realizó el aforo de una semana completa en las tres horas pico del día en fracción de intervalos de 15 minutos cada intersección para multiplicar por 4 para llevar esos datos a una fracción de una hora; los aforos de volúmenes de la semana completa se encuentran en el **anexo 2**.

Tabla 4.3 Totales de aforos veh/h de una semana por intersecciones

INTERSECCION I (PUENTE SAN MARTIN)							
A-1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	836	620	1084	620	792	724	364
13:30-14:30PM.	644	728	656	688	772	716	616
18:00-19:00PM.	1232	1232	1040	1064	1024	1196	688
A-2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	220	88	252	140	108	196	96
13:30-14:30PM.	152	184	140	140	116	76	84
18:00-19:00PM.	188	232	128	204	288	160	144
A-3	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	1052	760	1268	1192	784	680	460
13:30-14:30PM.	748	760	780	900	828	516	360
18:00-19:00PM.	828	872	568	756	708	728	552
A-4	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	4	32	24	44	44	36	24
13:30-14:30PM.	24	12	28	24	16	32	52
18:00-19:00PM.	20	36	44	32	20	56	12

INTERSECCION II (MERCADO SAN MARTIN)							
A-1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	304	300	400	420	352	172	52
13:30-14:30PM.	148	196	176	172	200	192	108
18:00-19:00PM.	376	364	320	356	420	176	276
A-2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	444	476	340	356	748	328	136
13:30-14:30PM.	348	388	380	440	328	224	140
18:00-19:00PM.	348	456	556	388	400	288	272
A-3	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	284	260	248	256	148	148	40
13:30-14:30PM.	108	108	164	184	108	144	60
18:00-19:00PM.	228	268	156	304	252	140	132

INTERSECCION III (PUENTE BICENTENARIO)							
A-1	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	632	688	332	596	344	476	140
13:30-14:30PM.	416	452	380	360	384	444	412
18:00-19:00PM.	872	560	660	720	680	464	408
A-2	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	148	228	200	184	280	208	124
13:30-14:30PM.	184	164	156	200	144	256	176
18:00-19:00PM.	364	192	252	384	448	140	184
A-3	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	352	372	376	368	340	260	128
13:30-14:30PM.	352	252	256	280	332	264	76
18:00-19:00PM.	500	256	236	316	260	216	216
A-4	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-8.00 AM	484	436	428	400	392	228	180
13:30-14:30PM.	344	340	372	404	328	452	360
18:00-19:00PM.	536	312	360	396	180	444	372

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Promedio Finales de aforos de una semana (TPH)

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION I	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	904	860	927	791	863	879	556
A-2	187	168	173	161	171	144	108
A-3	876	797	872	949	773	641	457
A-4	16	27	32	33	27	41	29
TOTAL=	1983	1852	2004	1935	1833	1705	1151

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION II	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	276	287	299	316	324	180	145
A-2	1140	1320	1276	1184	1476	840	548
A-3	620	636	568	744	508	432	232
TOTAL=	2036	2243	2143	2244	2308	1452	925

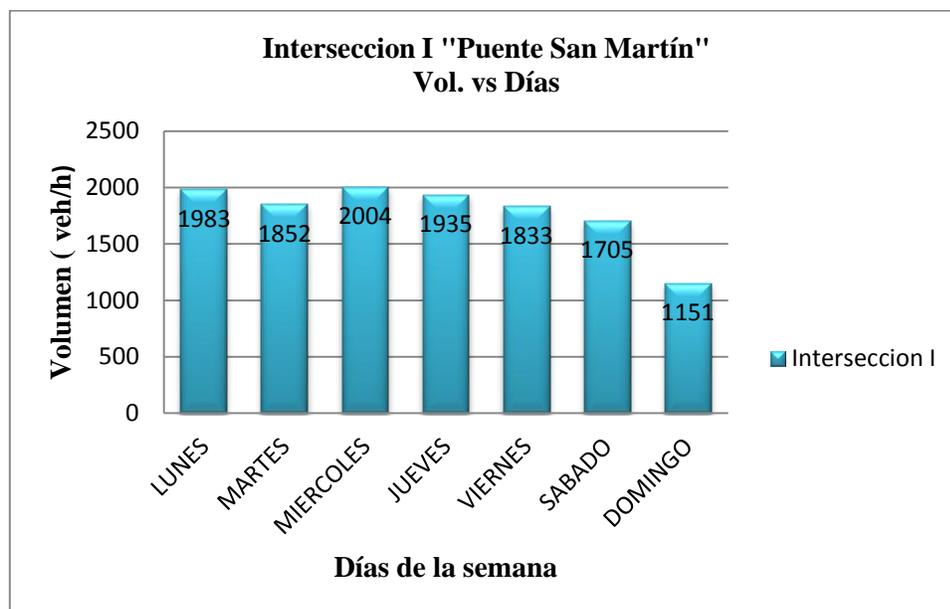
PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION III	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	1920	1700	1372	1676	1408	1384	960
A-2	696	584	608	768	872	604	484
A-3	1204	880	868	964	932	740	420
A-4	620	636	568	744	508	432	232
TOTAL=	4440	3800	3416	4152	3720	3160	2096

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las casillas pintadas de verde son los días más críticos de cada intersección.

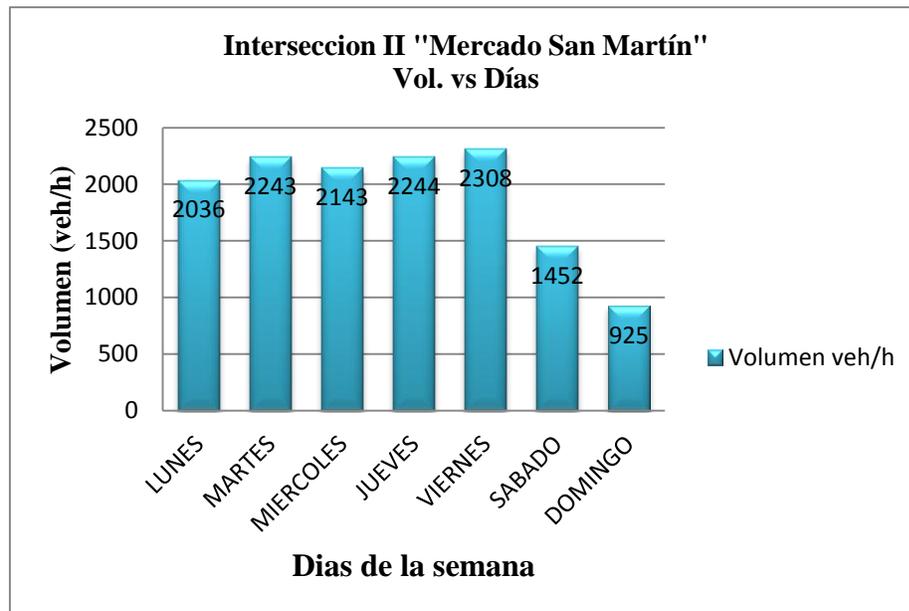
- **Gráficas de volumen del diferente comportamiento de los distintos días de la semana.**

Figura 4.5 Diferente comportamiento de una semana en la intersección I



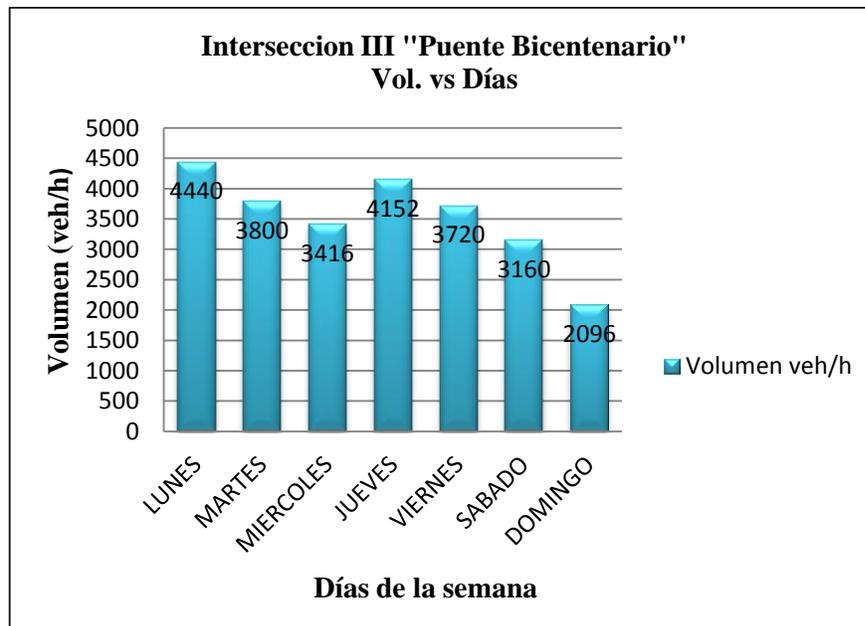
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Diferente comportamiento de una semana en cada intersección II



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Diferente comportamiento de una semana en cada intersección III



Fuente: Elaboración propia

c) Aforos de volúmenes en un mes.

En los aforos de volúmenes de un mes (**anexo 3**) se realizó tres días a la semana; 2 días hábiles como el día lunes y jueves, y un día no hábil el día sábado. Se realizó el conteo de los vehículos livianos como ser:(taxis, jeeps, vagonetas, camionetas pequeñas, trufis), los vehículos medianos como ser:(Camionetas de 4 o 6 cabinas, micros de las diferentes líneas, camiones) y los vehículos pesados (volquetas, camiones grandes, flotas, camiones con remolque) tanto públicos como privados; en cada intersección se tomó en cuenta los accesos de entrada a la intersección para hacer el aforo de cada acceso en giro izquierdo, de frente y giro derecho en las tres horas pico del día. Se utilizó el **método manual** para realizar el conteo de los vehículos ya que este método es el más completo porque toma en cuenta varias variables como ser el tipo de vehículo si es liviano, mediano y pesado o público y privado.

Para el procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso de cada intersección se utilizó según la norma AASHTO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizó un rango de depuración óptimo para tener mejores resultados de aforos de vehículos. Las tablas de datos depurados se encuentran en el **anexo 4**.

Nota: Todas las casillas que están pintadas de azul son los datos depurados

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

- **Media aritmética:**

Dónde:
$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

X = Media aritmética.

X_i = Valores de la variable x

N = Número de valores observados.

\sum = Signo de sumatoria indica que se debe sumar

- **Desviación estándar**

Dónde:

S = Desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_j - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

X = Media aritmética.

X_j = Valores de la variable x

N = Número de observaciones.

- **Rango de depuración** Optima $x \pm \sigma$

Dónde: x = Media Aritmética

 σ = Desviación Estándar

Tabla 4.5 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones

PUENTE SAN MARTÍN

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VEH/H)		
INTERSECCION I	A-1	896
INTERSECCION I	A-2	175
INTERSECCION I	A-3	783
INTERSECCION I	A-4	31
TOTAL=		1886

MERCADO SAN MARTÍN

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VEH/H)		
INTERSECCION II	A-1	290
INTERSECCION II	A-2	305
INTERSECCION II	A-3	139
TOTAL=		734

PUENTE BICENTENARIO

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VEH/H)		
INTERSECCION III	A-1	434
INTERSECCION III	A-2	234
INTERSECCION III	A-3	331
INTERSECCION III	A-4	421
TOTAL=		1419

Fuente: Elaboración propia

➤ **% de vehículos giro izquierdo y derecho**

Para el cálculo de % de vehículos de giro izquierdo y giro derecho se tomó en cuenta solo los vehículos de ambos giros, ya no se hizo la depuración de datos solo se sacó la sumatoria y la media aritmética de los tres días de las cuatro semanas por hora pico (**anexo 5**), donde se encontró el total de vehículos giro izquierdo y derecho de cada intersección; con esos valores totales de giros de cada acceso se calculó el % de giros izquierdo y derecho con el total de vehículos de cada acceso de cada intersección.

Tabla 4.6 Promedio Finales de % de giro izquierdo y derecho

PROMEDIO DELAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION I	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
PUENTE SAN MARTIN	A-1	55	33	6,18	3,73
	A-2	39	123	22,23	70,12
	A-3	26	53	3,32	6,75
	A-4	10	7	31,21	23,40
	TOTAL=	130	217		

PROMEDIO DELAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION II	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
MERCADO SAN MARTIN	A-1	176	0	60,83	0,00
	A-2	98	207	32	67,92
	A-3	25	21	17,72	14,93
	TOTAL=	299	228		

PROMEDIO DELAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION III	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
PUENTE BICENTENARIO	A-1	90	147	20,74	33,94
	A-2	32	64	13,48	27,52
	A-3	30	38	9,07	11,35
	A-4	194	46	46,10	10,89
	TOTAL=	346	295		

Fuente: Elaboración propia

➤ **% de vehículos pesados**

Para los vehículos pesados se sacó la sumatoria y media aritmética de los tres días de las cuatro semanas en sus tres horas pico; ya no se hizo la depuración de datos, se trabajó con puro medias aritméticas (**anexo 6**). Para así al final obtener el

total de vehículos pesados por hora con esos datos se calculó el % de vehículos pesados y con el total de cada intersección.

Tabla 4.7 Promedio Finales de % de vehículos pesados

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion I	Accesos	Total	% Veh. Pesados
PUENTE SAN MARTIN	A-1	16	2
	A-2	6	3
	A-3	12	2
	A-4	3	9
TOTAL=		37	

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion II	Accesos	Total	% Veh. Pesados
MERCADO SAN MARTIN	A-1	7	2
	A-2	8	2
	A-3	7	5
TOTAL=		21	

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion III	Accesos	Total	% Veh. Pesados
PUENTE BICENTENARIO	A-1	11	2
	A-2	8	3
	A-3	11	3
	A-4	9	2
TOTAL=		39	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Aforos de Tiempos para la velocidad de punto

Para el cálculo de la velocidad de punto se realizó los aforos de los tiempos después que se terminó los aforos de los volúmenes. Se realizó también 4 semanas en los mismos días y horas que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Se tomó tres tramos el primero fue desde el Puente San Martín y Mercado San Martín, el segundo fue desde el Mercado San Martín y Puente Bicentenario y el tercer tramo desde el Puente Bicentenario hasta el Puente Peregrino.

Para hacer las aforaciones de los tiempos se utilizó el método del cronometro se tomó una distancia de 25 metros en cada tramo haciéndose una medición cada 5 vehículos que pasaba cada tramo tanto del acceso de ida como de vuelta.

Procesamiento de datos para el cálculo de la velocidad de punto

Los datos de los tiempos aforados se encuentran en el (**anexo 7**); con esos tiempos se calculó la velocidad de punto en (km/h) según la norma AASHTO.

a) Velocidades de punto

Se calculó las velocidades de punto con la siguiente relación:

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

Donde:

VP = velocidad de punto

d = distancia de recorrido

t = tiempo de recorrido

Una vez calculada todas las velocidades de punto (**anexo 8**) para cada tramo se sacó la media aritmética y la desviación, para proceder a la depuración de los datos que no se encuentran dentro del rango de depuración

Se tomó el rango más óptimo:

$$\bar{x} \pm \sigma$$

Las tablas de datos depurados se encuentran en el (**anexo9**).

Finalmente se calculó el promedio de las tres horas picos de aforación.

Tabla 4.8 Promedio de las tres horas de velocidades

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VELOCIDADES km/h)						
Av.Banda entre Pte. San Martín y Mdo. San Martín						
DIAS:	LUNES		JUEVES		SABADO	
DIRECCIÓN:	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	37,02	42,28	36,69	41,40	37,55	41,43
SEMANA 2	36,61	45,39	39,09	43,59	40,54	42,61
SEMANA 3	38,56	38,09	38,14	37,76	42,86	43,87
SEMANA 4	38,13	41,18	40,41	44,02	41,97	45,08
Media	37,58	41,73	38,58	41,69	40,73	43,25

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VELOCIDADES km/h)						
Av. Banda entre Mdo. San Martín y Pte. Bicentenario						
DIAS:	LUNES		JUEVES		SABADO	
DIRECCIÓN:	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	43,34	51,90	41,71	48,40	38,73	43,97
SEMANA 2	46,45	57,60	44,14	48,68	41,21	44,30
SEMANA 3	44,46	50,23	44,75	49,61	42,62	44,42
SEMANA 4	42,08	45,20	43,80	47,94	43,45	48,43
Media	44,08	51,23	43,60	48,66	41,50	45,28

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (VELOCIDADES km/h)						
Av. Banda entre Pte. Bicentenario y Pte. Peregrino						
DIAS:	LUNES		JUEVES		SABADO	
DIRECCIÓN:	SUR	NORTE	SUR	NORTE	SUR	NORTE
SEMANA 1	46,05	38,52	43,29	37,32	40,43	34,22
SEMANA 2	49,33	41,33	45,09	41,83	43,02	38,81
SEMANA 3	46,23	38,21	44,15	37,84	44,07	41,58
SEMANA 4	43,96	39,77	44,88	41,31	48,17	40,69
Media	46,39	39,46	44,35	39,58	43,92	38,83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9 Promedio Final de velocidades de punto km/h

PROMEDIO FINAL DE VEL. (Km/h) DE LOS TRES DÍAS DE LA SEMANA		
TRAMO	SUR	NORTE
Av. Banda entre Pte. San Martín y Mdo. San Martín	38,96	42,23
Av. Banda entre Mdo. San Martín y Pte. Bicentenario	43,06	48,39
Av. Banda entre Pte. Bicentenario y Pte. Peregrino	44,89	39,29

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Cálculo de capacidades:

Para el cálculo de capacidades se realizó con el método HCM del manual de los EEUU de vías interrumpidas versión 1985 para cada intersección debido a que todos los estudios realizados de cálculos de capacidades en nuestro país fueron calculados con este método; ya que todavía no contamos con un manual de cálculo de capacidades para vías interrumpidas.

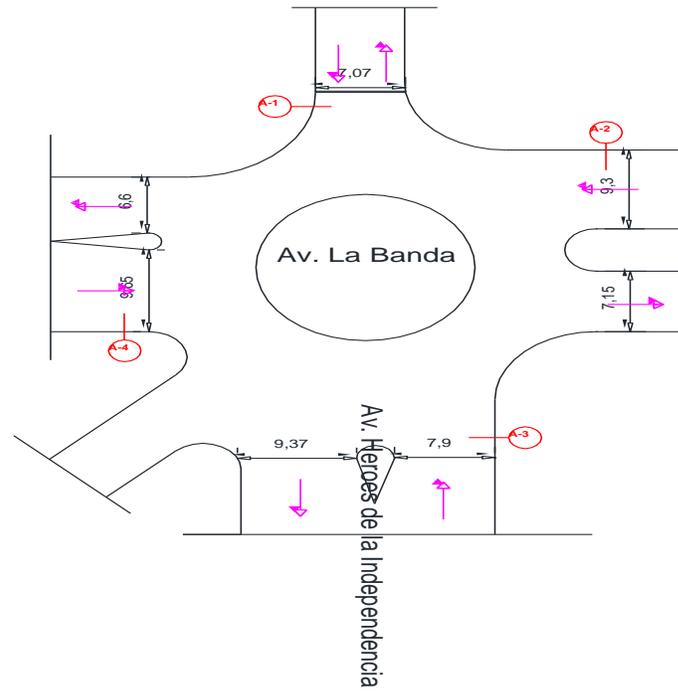
Con ese método se analizó cada acceso que entra a la intersección que nos servirá para el cálculo del nivel de servicio de toda la intersección estudiada.

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

INTERSECCION I

INTERSECCION I

Puente San Martin



Acceso A - 1

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- Con paradas antes y después de la intersección
- Volumen Total Horario= 896 veh/h
- Ancho del acceso = 3,5 m
- % GI = 6,18 %
- % GD = 3,73 %
- % Veh. Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un solo sentido.

Cap. Teórica= 700 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica= 630 veh/h

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 6,18 %

% GI < 10 Fgi = 1

b) Por Giro Derecho

% GD = 3,73 %

% GD < 10 Fgd = 1

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 2 %

% Veh.Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) Por paradas antes de la intersección

Fai = 0,9

e) Por paradas después de intersección

Fdi = 0,95

* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap. real= 538,65 ≈ 539 veh/h

Acceso A - 2

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 175 veh/h
- Ancho del acceso = 9,3 m
- % GI = 22,23 %

- % GD = 70,12 %
- % Veh. Pesados= 3 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

Cap. Teórica= 2500 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica = 2250 veh/h

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 22, 23 %

% GI > 10

Fgi = 22, 23 - 10% = 12, 23 %

Fgi = 0,88

b) Por Giro Derecho

% GD = 70, 12 %

% GD > 30 %

20 % - 12, 23 = 7, 77 %

Fgd= 0,96

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no Debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 3 %

% Veh.Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección.

Fai= 1

Fdi= 1

* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real= 1898,10 ≈1898veh/h

Acceso A - 3

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- Con paradas antes y después de la intersección
- Volumen Total Horario= 783 veh/h
- Ancho del acceso = 7,9 m
- % GI = 3,32 %
- % GD = 6,75 %
- % Veh. Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito

Cap. Teórica= 1900 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica=1710 veh/h

Factores:**a) Por Giro Izquierdo**

$$\% \text{ GI} = 3,32 \%$$

$$\% \text{ GI} < 10 \quad F_{gi} = 1$$

b) Por Giro Derecho

$$\% \text{ GD} = 6,75 \%$$

$$\% \text{ GD} < 10 \quad F_{gd} = 1$$

c) Por Veh. Pesados

$$\% \text{ Veh. Pes} = 2 \%$$

$$\% \text{ Veh. Pes} < 10 \% \quad F_{veh.pes} = 1$$

d) Por paradas antes y después de la intersección

$$F_{ai} = 0,90 \quad F_{di} = 0,95$$

* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real= 1462,05 ≈ 1462 veh/h

Acceso A - 4

Datos:

- Zona central con estacionamiento permitido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 31 veh/h
- Ancho del acceso = 9,65 m
- % GI = 31,21 %
- % GD = 23,4 %
- % Veh. Pesados= 9 %

Nota: Como hay estacionamiento se resta al ancho de la calzada 1,80 m.

$$\text{Ancho de calzada para el Abaco} = 9,65 - 1,80 = 7,85 \quad \text{m}$$

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito

$$\text{Cap. Teórica} = 1200 \quad \text{veh/h}$$

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0,9$$

$$\text{Cap. Practica} = 1080 \quad \text{veh/h}$$

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

$$\% \text{ GI} = \quad 31,21 \quad \%$$

$$\% \text{ GI} > 30$$

$$Fgi = 30 \% - 10 \% \quad 20 \quad \%$$

$$Fgi = 0,80$$

b) Por Giro Derecho

$$\% \text{ GD} = \quad 23,4 \quad \%$$

$$Fgd = 1,00$$

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

$$\% \text{ Veh.Pes} = 9 \quad \%$$

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \quad \% \quad F_{\text{veh.pes}} = 1$$

d) No existe paradas antes ni después de la intersección.

$$F_{ai} = 1$$

$$F_{di} = 1$$

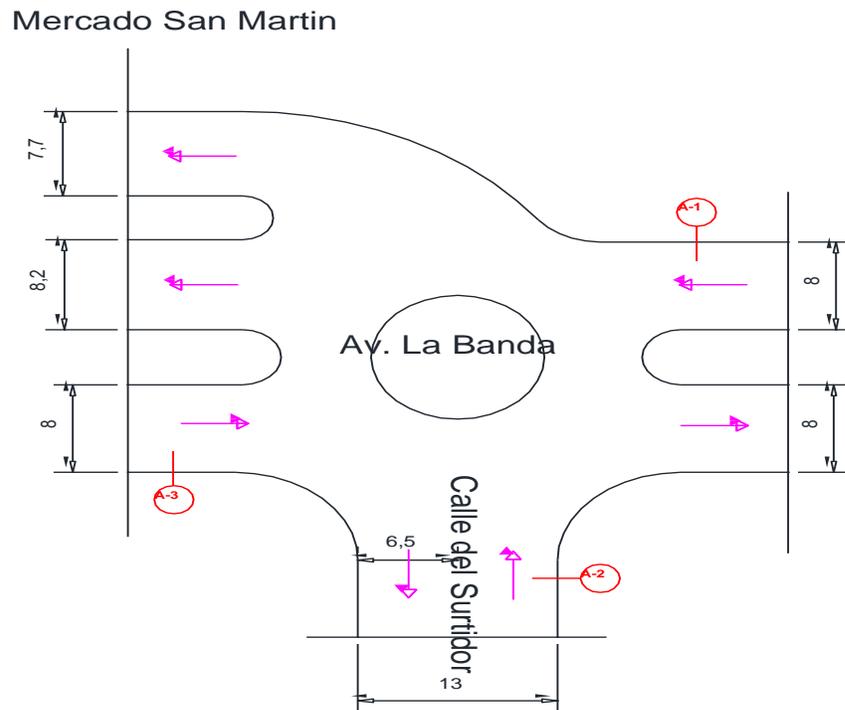
* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real=	864	veh/h
-----------	-----	-------

INTERSECCION II

INTERSECCION II



Acceso A – 1

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 290 veh/h
- Ancho del acceso = 8 m
- % GI = 60,83 %
- % GD = 0 %
- % Veh. Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

Cap. Teórica= 1900 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica= 1710 veh/h

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 60, 83 %

% GI > 30

%GI= 30%

Fgi = 30% - 10% = 20 %

Fgi = 0,80

b) Por Giro Derecho

% GD = 0 %

% GD < 10 % Fgd= 1, 00

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 2 %

% Veh.Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección.

Fai = 1

Fdi = 1

* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real=1368 veh/h

Acceso A - 2

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 305 veh/h
- Ancho del acceso = 6,5 m

% GI = 32 %

% GD = 67,92 %

% Veh.Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito para un sentido.

Cap. Teórica= 1350 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica= 1215 veh/h

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 32 %

% GI > 30

%GI = 30%

Fgi = 30% - 10% = 20%

Fgi = 0,80

b) Por Giro Derecho

% GD = 67,92 %

Fgd = 1,00

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 2 %

% Veh.Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección

Fai = 1

Fdi = 1

* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real=972 veh/h

Acceso A - 3

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 139 veh/h
- Ancho del acceso = 8 m
- % GI = 17,72 %

- % GD = 14,92 %
- % Veh. Pesados= 5 %

Con el ancho de calzada se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito de un sentido.

Cap. Teórica= 1900 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica= 1710 veh/h

Factores:

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 17, 72 %

% GI > 10

Fgi = 17, 72 - 10% = 7, 72%

Fgi = 0,92

b) Por Giro Derecho

% GD = 14, 92 %

20 % - 7, 72% = 12, 28 %

Fgd = 0, 94

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 5 %

% Veh.Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección

Fai=1

Fdi= 1

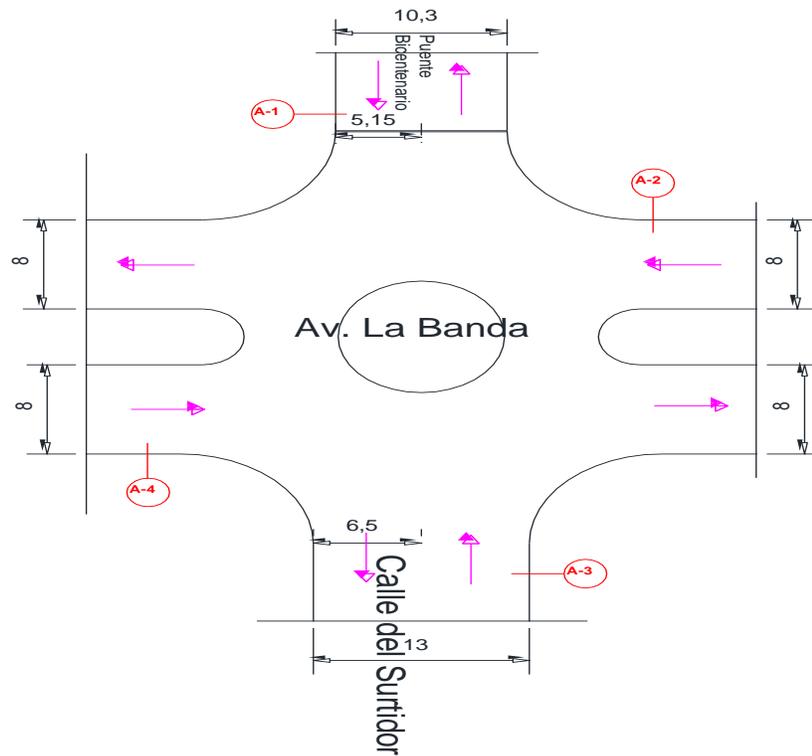
* **Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real=1481, 09 ≈ 1481veh/h

INTERSECCION III

INTERSECCION III



Acceso A - 1

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 434 veh/h
- Ancho del acceso= 5,15 m
- % GI = 20,74 %
- % GD = 33,94 %
- % Veh.Pesados= 1 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito

Cap. Teorica= 1050 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica=945veh/h

*** Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 20, 74%

% GI > 10

Fgi = 20, 74 - 10% = 10, 74%

Fgi = 0,89

b) Por Giro Derecho

% GD = 33, 35%

20 % - 10, 74% = 9, 26 %

Fgd = 0, 95

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes = 1%

% Veh.Pes < 10 %

Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la de la intersección.

Fai = 1

Fdi = 1

*** Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap real=804,44≈804veh/h

Acceso A - 2

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 234 veh/h
- Ancho del acceso = 8 m
- % GI = 13,48 %
- % GD = 27,52 %
- % Veh.Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del ábaco del Manual de Ingeniería de Tránsito

Cap. Teórica=1900veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Práctica=1710veh/h

* **Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 13, 48%

% GI > 10

Fgi = 13, 48 - 10% = 3, 48%

Fgi = 0,97

b) Por Giro Derecho

% GD = 27, 52%

20 % - 3, 48% = 16, 52 %

Fgd = 0, 92

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh. Pes = 2 %

% Veh. Pes < 10 % Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección

Fai = 1

Fdi = 1

* **Capacidad real es:**

$$Cap_{Real} = Cap_{practica} * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap. real = 1514,21 ≈ 1514 veh/h

Acceso A - 3

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario = 331 veh/h
- Ancho del acceso = 6,5 m
- % GI = 9,07 %

- % GD = 11,35 %
- % Veh. Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad teórica del ábaco del Manual de Ingeniería de Transito

Cap. Teórica=1350 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica=1215veh/h

Factores:

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 9,07%

% GI > 10

Fgi =1

b) Por Giro Derecho

% GD =11,35 %

% GD > 10

11,35% - 10 % =1,35

Fgd= 0,99

c) Por Veh. Pesados

% Veh.Pes =2%

% Veh.Pes < 10 %

Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección

Fai=1

Fdi= 1

* Capacidad real es:

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap. real=1206,76≈1207veh/h

Acceso A - 4

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe paradas antes ni después de la intersección
- Volumen Total Horario= 421 veh/h
- Ancho del acceso = 8 m
- % GI = 46,10 %

- % GD = 10,89 %
- % Veh. Pesados= 2 %

Con el ancho del acceso a se obtiene capacidad teórica del ábaco del Manual de Ingeniería de Transito

Cap. Teórica=1900 veh/h

$$Cap_{prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

Cap. Practica=1710veh/h

*** Factores:**

a) Por Giro Izquierdo

% GI = 46,10 %

% GI > 30

Fgi = 30 - 10% = 20%

Fgi = 0,80

b) Por Giro Derecho

% GD = 10,89 %

% GD = 30%

Fgd = 1,00

Nota: No se tomara en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20% de giros.

c) Por Veh. Pesados

% Veh. Pes = 2%

% Veh. Pes < 10 %

Fveh.pes = 1

d) No existe paradas antes ni después de la intersección

Fai = 1

Fdi = 1

*** Capacidad real es:**

$$CapReal = Cappractica * Fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap. real=1368veh/h

5.4.4 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 de los EEUU y se elige el tipo de Nivel de servicio de cada acceso; para el nivel de servicio de cada intersección se elige el menor nivel de servicio de cada intersección.

Tabla 4.10 Nivel de servicio por cada acceso en cada intersección

INTERSECCION I (PUENTE SAN MARTIN)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A- 1	896	539	1,66	F	Flujo Forzado
A - 2	175	1898	0,09	B	Flujo Estable
A - 3	783	1462	0,54	D	Proximo flujo inestable
A - 4	31	864	0,04	B	Flujo Estable

INTERSECCION II (MERCADO SAN MARTIN)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A- 1	290	1368	0,21	C	Flujo Estable
A - 2	305	972	0,3	C	Flujo Estable
A - 3	139	1481	0,09	B	Flujo Estable

INTERSECCION III (PUENTE BICENTENARIO)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A- 1	434	804	0,54	D	Proximo flujo inestable
A - 2	234	1514	0,15	C	Flujo Estable
A - 3	331	1207	0,27	C	Flujo Estable
A - 4	421	1368	0,3	C	Flujo Estable

Elaboración propia

Tabla 4.11 Nivel de servicio total por intersección

NIVEL DE SERVICIO POR INTERSECCION		
INTERSECCIONES	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
Interseccion I Puente San Martin	F	Flujo Forzado
Interseccion II Mercado San Martin	C	Flujo Estable
Interseccion III Puente Bicentenario	D	Proximo flujo inestable

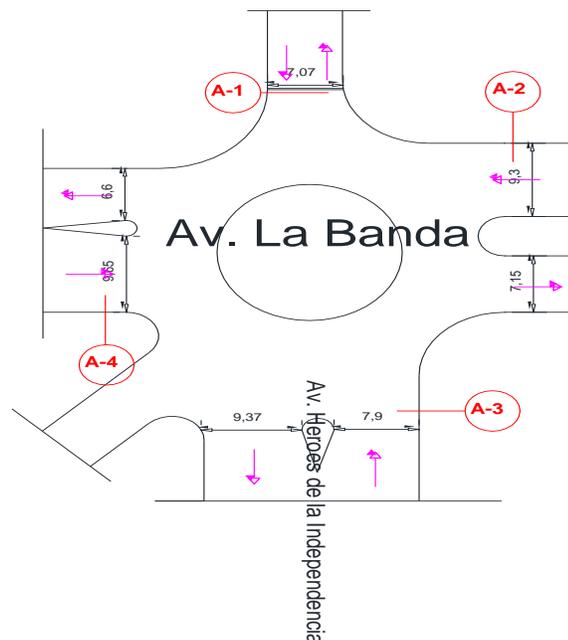
Elaboración propia

4.4.5 Semaforización:

Para la semaforización se hizo el cálculo según la norma AASHTO se tomó en cuenta las velocidades de punto de cada tramo, sus distancias y el tiempo de ciclo que se dará para cada semáforo.

INTERSECCION I

INTERSECCION I Puente San Martin



Datos:**Acceso A – 1 y A- 4**

- Volumen_{A-1} = 896 veh/h
 - Volumen_{A-4} = 31 veh/h
 - Distancia= 303m
 - Velocidad= 42.23 km/h
 - Tiempo amarillo_{A-1} = 5 seg.
 - Tiempo amarillo_{A-4} = 3 seg.
- **Cálculo del tiempo de ciclo:**

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C=51.66 \text{ seg.}$$

Nota: Adoptaremos un tiempo de ciclo de 50 segundos.

$$C = T_{AMARILLOA-1} + T_{AMARILLOA-4} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-4} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{amarilloA-1} * VolumenA-1}{T_{faseverde}} = \frac{T_{amarilloA-4} * VolumenA-4}{T_{faseroja}}$$

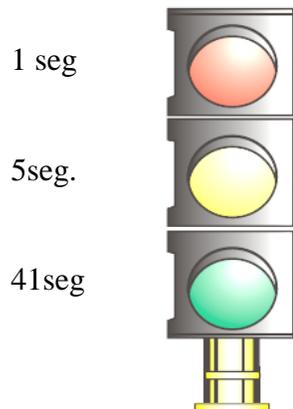
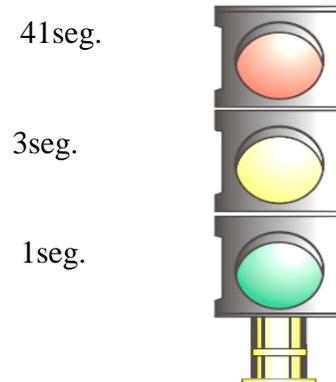
Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja en A-1:

$$\mathbf{T_{fase roja} = 0.86 \text{ seg.} \approx 1 \text{ seg.}}$$

Para el tiempo de fase verde en A-1 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-4} - T_{faseroja}$$

$$\mathbf{T_{fase verde} = 41 \text{ seg.}}$$

A-1 Av. Héroes Independencia**A-4 Av. Banda****Acceso A -3y A- 2**

- $Volumen_{A-3} = 783 \text{ veh/h}$
- $Volumen_{A-2} = 175 \text{ veh/h}$
- Distancia= 303m
- Velocidad= 42.23 km/h
- Tiempo amarillo $_{A-3} = 5 \text{ seg.}$
- Tiempo amarillo $_{A-2} = 3 \text{ seg.}$
- **Cálculo del tiempo de ciclo:**

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C = 51.65 \text{ seg}$$

Nota: Adoptaremos un tiempo de ciclo de 50 segundos.

$$C = T_{AMARILLOA-3} + T_{AMARILLOA-2} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-3} - T_{AMARILLOA-2} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{\text{amarilloA}} - 3 * \text{VolumenA} - 3}{T_{\text{faseverde}}} = \frac{T_{\text{amarilloA}} - 2 * \text{VolumenA} - 2}{T_{\text{faseroja}}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja en A-3:

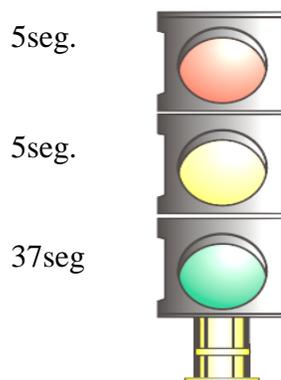
$$T_{\text{fase roja}} = 4.96 \text{ seg.} \approx 5 \text{ seg.}$$

Para el tiempo de fase verde en A-3 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

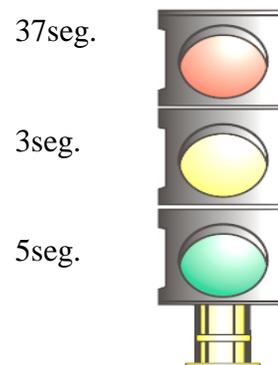
$$T_{\text{faseverde}} = C - T_{\text{AMARILLOA-1}} - T_{\text{AMARILLOA-4}} - T_{\text{faseroja}}$$

$$T_{\text{fase verde}} = 37 \text{ seg.}$$

A-3 Av. Héroes Independencia



A-2 Av. La Banda



Nota: Como en la intersección I hay una gran diferenciación de fases de la Av. La Banda con la Av. Héroes de la Independencia tomaremos el tiempo de fase verde y roja el más crítico cosa que pueda satisfacer a ambas avenidas.

* **Tiempos de fases finales :**

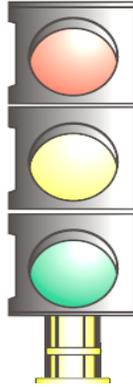
Av. Héroes de la Independencia

Principal

5seg.

5seg.

37 seg.



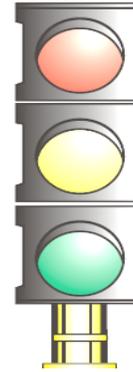
Av. La Banda

Secundaria

37seg.

3 seg.

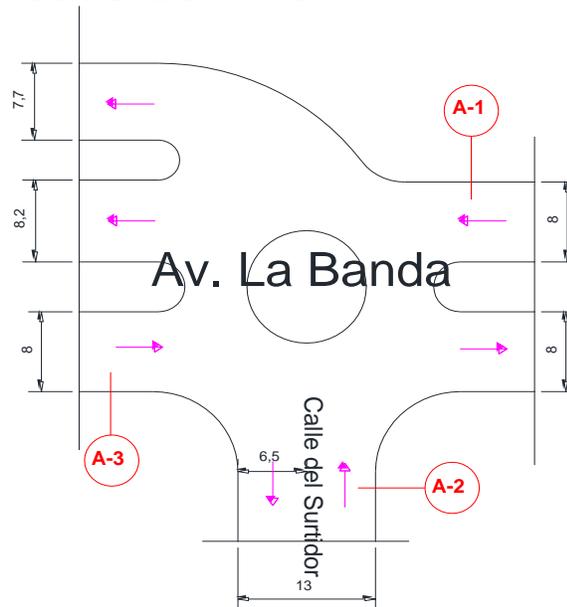
5seg.



INTERSECCION II

INTERSECCION II

Mercado San Martin



Datos:

Acceso A – 2 y A- 3

- $\text{Volumen}_{A-2} = 305 \text{ veh/h}$
- $\text{Volumen}_{A-3} = 139 \text{ veh/h}$
- Distancia= 698 m
- Velocidad= 48.39 km/h
- Tiempo amarillo $_{A-2} = 5 \text{ seg.}$
- Tiempo amarillo $_{A-3} = 3 \text{ seg.}$

➤ Cálculo del tiempo de ciclo:

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C=103.85 \text{ seg}$$

Nota: Se asumirá un tiempo de 50 segundos basados al tiempo de ciclo de la primera intersección por ser la más crítica de las tres intersecciones.

$$C = T_{AMARILLOA-2} + T_{AMARILLOA-3} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-2} - T_{AMARILLOA-3} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{amarilloA-2} * VolumenA-2}{T_{faseverde}} = \frac{T_{amarilloA-3} * VolumenA-3}{T_{faseroja}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja en A-2:

$$T_{fase roja i} = 9,01 \text{ seg.} \approx 10 \text{ seg.}$$

Para el tiempo de fase verde en A-2 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-2} - T_{AMARILLOA-3} - T_{faseroja}$$

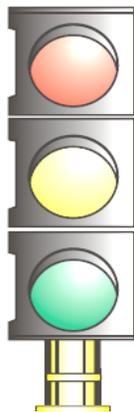
$$T_{fase verde i} = 32 \text{ seg.}$$

A-2 Calle del surtidor

10 seg

5seg.

32seg

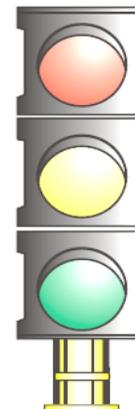


A-3 Av. Banda

32seg.

3seg.

10seg.



Acceso A -1y A- 2

- Volumen_{A-1} =290 veh/h
 - Volumen_{A-2} = 305 veh/h
 - Distancia= 698m
 - Velocidad= 48.39 km/h
 - Tiempo amarillo_{A-1} = 3seg.
 - Tiempo amarillo_{A-2}= 5 seg.
- **Calculo del tiempo de ciclo:**

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C=103.85\text{seg}$$

Nota: Se asumirá un tiempo de ciclo de 50 segundos, basados al tiempo de ciclo de la primera intersección por ser la más crítica de las tres intersecciones.

$$C = T_{AMARILLOA-1} + T_{AMARILLOA-2} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-2} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{amarilloA-1} * VolumenA-1}{T_{faseverde}} = \frac{T_{amarilloA-2} * VolumenA-2}{T_{faseroja}}$$

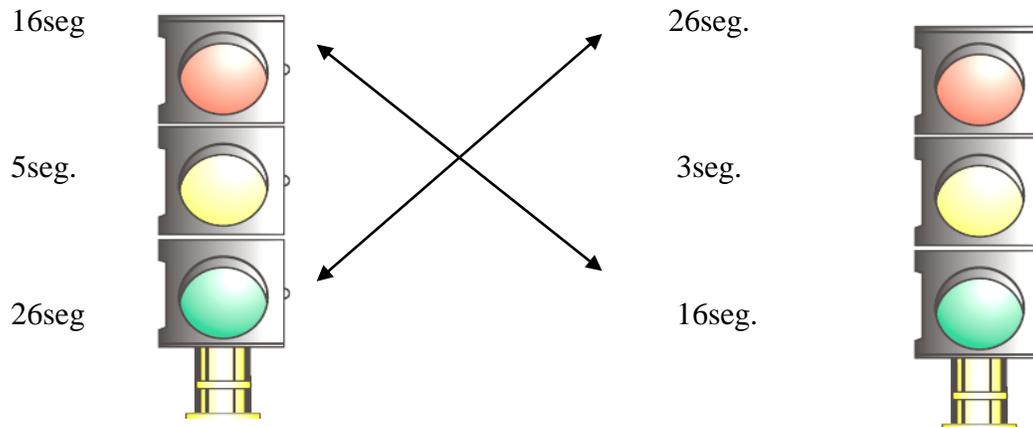
Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja A-2:

$$T_{fase roja j} = 15,25 \text{ seg.} \approx 16 \text{ seg.}$$

Para el tiempo de fase verde A-2 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

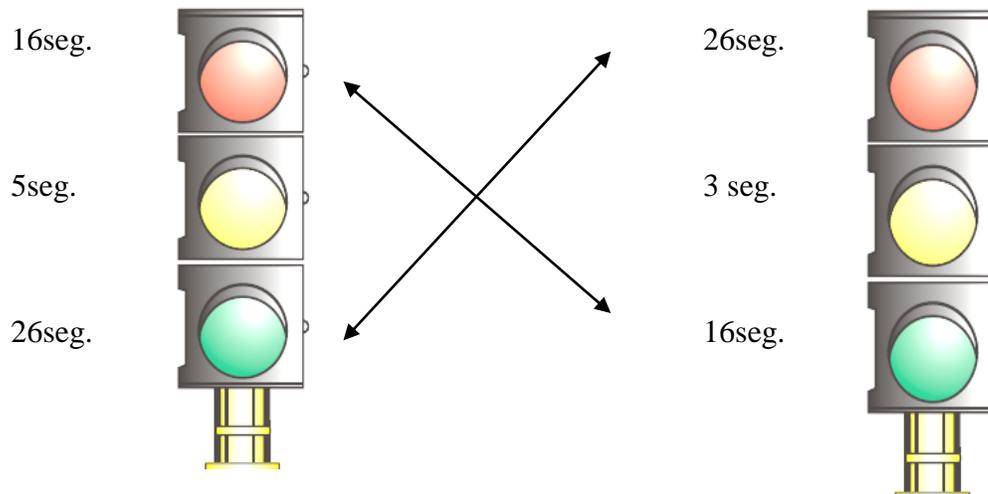
$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-2} - T_{faseroja}$$

$$T_{fase verde j} = 26\text{seg.}$$

A-2 Calle del Surtidor**A-1 Av. Banda**

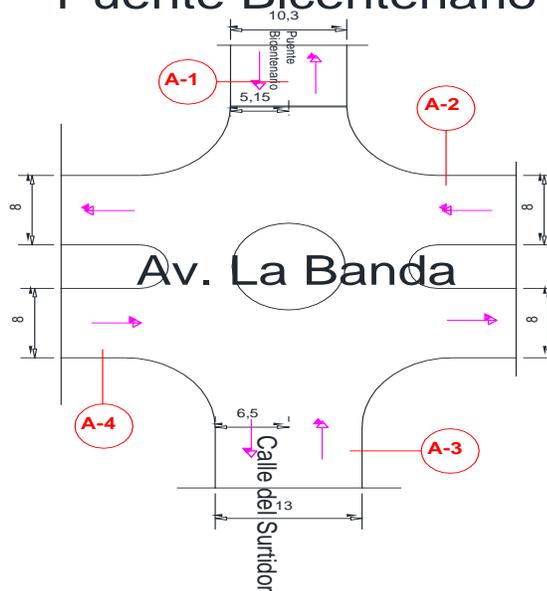
Nota: Como el tiempo de fase son diferentes en ambos sentidos para uniformizar el tiempo de fase del semáforo de la intersección se tomó el tiempo de fase verde y roja el más crítico cosa que pueda satisfacer a la avenida a La Banda y a la calle que baja del surtido hacia el Mercado San Martín.

* **Tiempos de fases finales :**

**Calle que baja del surtidor
Principal****Av. La Banda
Secundaria**

INTERSECCION III

INTERSECCION III Puente Bicentenario



Datos:

Acceso A – 1 y A- 4

- $Volumen_{A-1} = 434 \text{ veh/h}$
 - $Volumen_{A-4} = 421 \text{ veh/h}$
 - Distancia= 401m
 - Velocidad= 44.89 km/h
 - Tiempo amarillo $_{A-1} = 5 \text{ seg.}$
 - Tiempo amarillo $_{A-4} = 3 \text{ seg.}$
- **Clculo del tiempo de ciclo:**

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C=64.31\text{seg}$$

Nota: Se asumirá un tiempo de ciclo de 50 segundos, basados al tiempo de ciclo de la primera intersección por ser la más crítica de las tres intersecciones.

$$C = T_{AMARILLOA-1} + T_{AMARILLOA-4} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-4} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{amarilloA-1} * VolumenA-1}{T_{faseverde}} = \frac{T_{amarilloA-4} * VolumenA-4}{T_{faseroja}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja en A-1:

$$T_{fase roja} = 15,45 \text{ seg.} \approx 16 \text{ seg.}$$

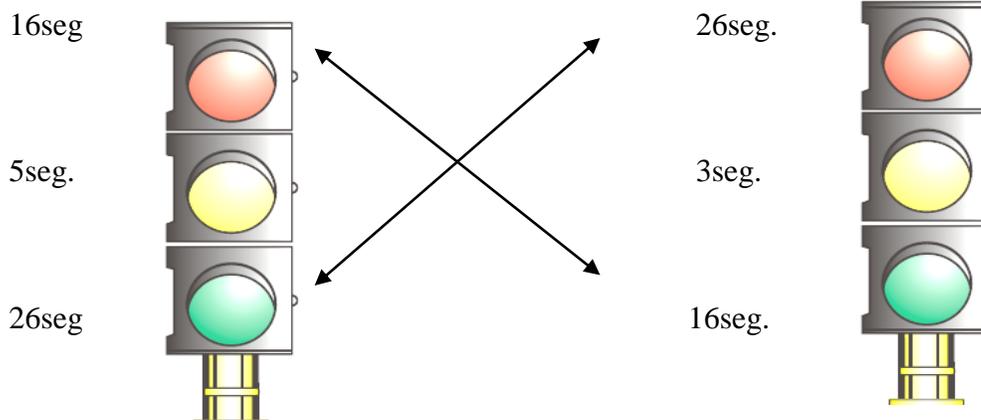
Para el tiempo de fase verde en A-1 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-4} - T_{faseroja}$$

$$T. \text{ fase verde} = 26 \text{ seg.}$$

A-1 Calle que sale del pte. Bicentenario

A-4 Av. Banda



Acceso A -3y A- 2

- $Volumen_{A-3} = 331 \text{ veh/h}$
 - $Volumen_{A-2} = 235 \text{ veh/h}$
 - Distancia= 401 m
 - Velocidad= 44.89 km/h
 - Tiempo amarillo $_{A-3} = 5 \text{ seg.}$
 - Tiempo amarillo $_{A-2} = 3 \text{ seg.}$
- **Calculo del tiempo de ciclo:**

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C = 64.31 \text{ seg}$$

Nota: Se asumirá un tiempo de ciclo de 50 segundos, basados al tiempo de ciclo de la primera intersección por ser la más crítica de las tres intersecciones.

$$C = T_{AMARILLOA-3} + T_{AMARILLOA-2} + T_{faseverde} + T_{faseroja}$$

Ecuación (1)

$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-3} - T_{AMARILLOA-2} - T_{faseroja}$$

Ecuación (2)

$$\frac{T_{amarilloA-3} * Volumen_{A-3}}{T_{faseverde}} = \frac{T_{amarilloA-2} * Volumen_{A-2}}{T_{faseroja}}$$

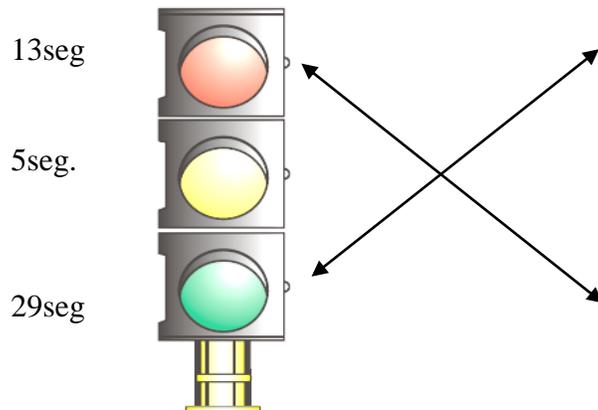
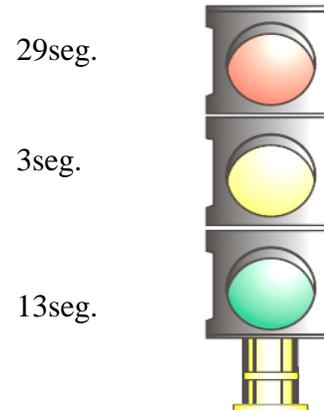
Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene tiempo de fase roja en A-3:

$$T_{fase roja} = 12.54 \text{ seg.} \approx 13 \text{ seg.}$$

Para el tiempo de fase verde en A-3 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja.

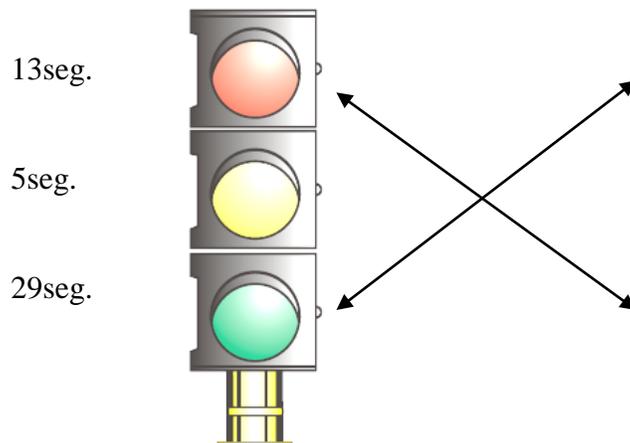
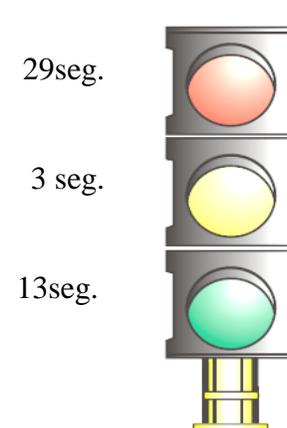
$$T_{faseverde} = C - T_{AMARILLOA-1} - T_{AMARILLOA-4} - T_{faseroja}$$

$$T_{fase verde} = 29 \text{ seg.}$$

A-3 Calle que baja del surtidor**A-2 Av. Banda**

Nota: Como el tiempo de fase son diferentes en ambos sentidos para uniformizar el tiempo de fase del semáforo de la intersección se tomó tanto para fase verde como para roja el más crítico cosa que pueda satisfacer a la Avenida La Banda y a la calle que baja del surtidor.

* **Tiempos de fases finales :**

**Calle que baja del surtidor
Principal****Av. La Banda
Secundaria**

4.12 Resumen de tiempos de ciclo finales

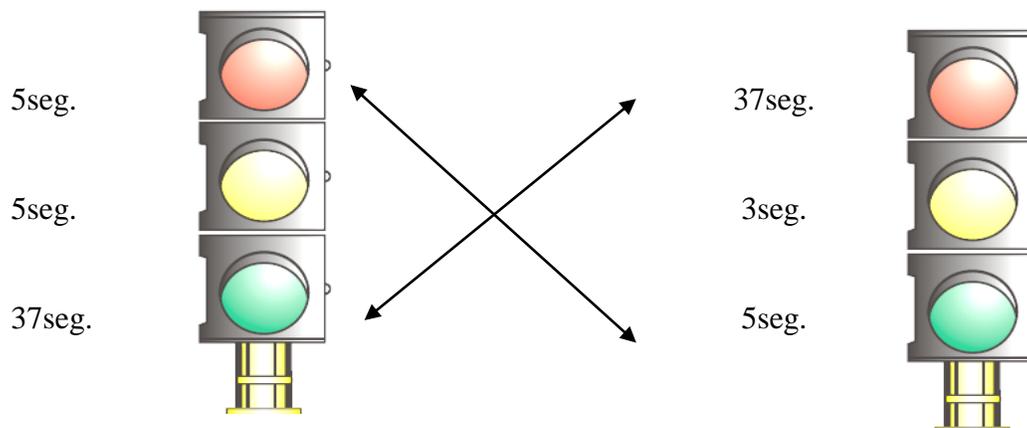
RESUMEN DE TIEMPOS DE CICLOS FINALES EN SEGUNDOS							
Calle Princ.	Fase Roja	Fase Ama.	Fase Verde	Calle Sec.	Fase Roja	Fase Ama.	Fase Verde
Av. Heroes de la Independencia	5	5	37	Av. La Banda	37	3	5
Calle que baja al Mdo. San Martin	16	5	26	Av. La Banda	26	3	16
Calle que baja del surtidor al Pte. Bic.	13	5	29	Av. La Banda	29	3	13

Elegí el tiempo de fase de la primera intersección debido a que esta es la intersección más crítica.

Tiempos de fases finales para todos los semáforos

Calles que entra a la Av. La Banda

Av. La Banda



Cálculo del número de verdes sobre la Av. Banda

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

Nota: Se tomó la distancia de la intersección I del puente San Martin porque es la distancia más corta y es una intersección que tiene mayor flujo vehicular.

D = 303 m

Vel. = 42,23km/h

$$T_c = \frac{303m}{11,73m/s} = 25,83s$$

$$\text{Número de verdes} = \frac{T_{VS}}{T_C}$$

$$\text{Número de verdes} = \frac{41s}{25,83s} = 1,58$$

$N^{\circ}_{VERDES} > 2$ SISTEMA PROGRESIVO

$N^{\circ}_{VERDES} < 2$ SISTEMA ALTERNO

$\Rightarrow N^{\circ} \text{ de verdes} < 2$ $1,58 < 2$
Sistema Alternado Adoptado

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS

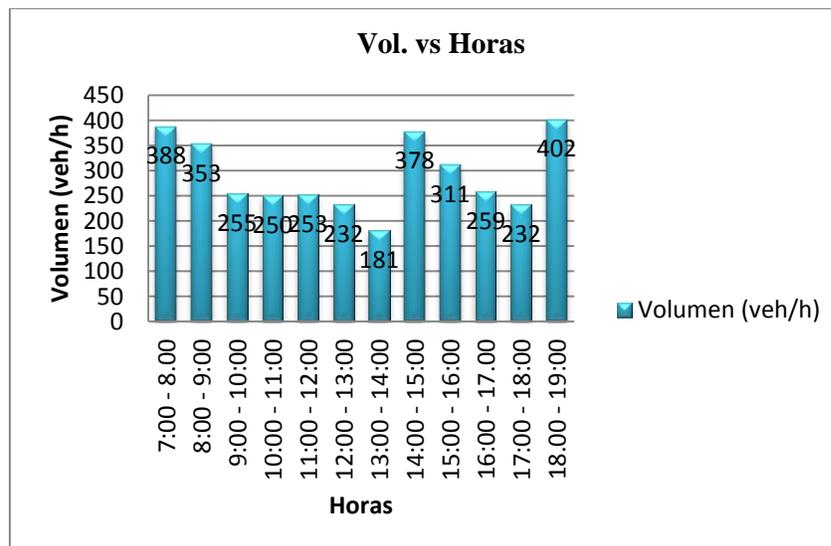
- Aforos de un día para ver las horas pico del día.

De ida del Mercado San Martín al Puente Bicentenario

Volumen (veh/h)	Horas
388	7:00 - 8:00
353	8:00 - 9:00
255	9:00 - 10:00
250	10:00 - 11:00
253	11:00 - 12:00
232	12:00 - 13:00
181	13:00 - 14:00
378	14:00 - 15:00
311	15:00 - 16:00
259	16:00 - 17:00
232	17:00 - 18:00
402	18:00 - 19:00

Fuente: Elaboración propia

Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día del Mercado
San Martín al Puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

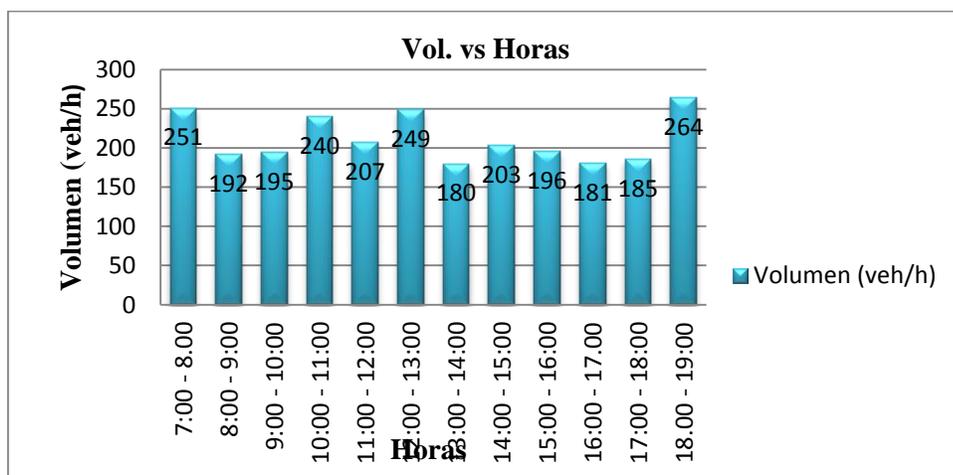
Se puede observar en la figura 4.3 el comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día, se ve que sus horas pico de ida del Mercado San Martin al Puente Bicentenario es de 7: 00 a 8:00 am, de 14:00 a 15:00 pm y de 18:00 a 19:00 pm.

De ida del Puente Bicentenario al Mercado San Martin

Volumen (veh/h)	Horas
251	7:00 - 8:00
192	8:00 - 9:00
195	9:00 - 10:00
240	10:00 - 11:00
207	11:00 - 12:00
249	12:00 - 13:00
180	13:00 - 14:00
203	14:00 - 15:00
196	15:00 - 16:00
181	16:00 - 17:00
185	17:00 - 18:00
264	18.00 - 19:00

Fuente: Elaboración propia

Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día del Puente Bicentenario al Mercado San Martin



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en la figura 4.4 que el comportamiento del tráfico vehicular de ida del Puente Bicentenario al Mercado San Martín es distinto lo que se ve que tiene diferentes horas picos del día más que todo las horas del mediodía.

Observando las dos gráficas se eligió las tres horas pico del día que nos servirá para hacer las aforaciones de un mes para realizar el estudio de tráfico que elegí desde **7:00 a 8:00 am**, **13:30 a 14:30 pm**, **18:00 a 19:00 pm**; en las horas del medio no son iguales del carril de ida del Mercado San Martín al Puente Bicentenario con el carril de venida del Puente Bicentenario al Mercado San Martín por lo que se eligió de 13:30 a 14:30 pm una hora que se podría aforar donde no hubiera mucha variación tanto de ida al Puente Bicentenario como de vuelta del Puente Bicentenario.

➤ **Aforos de una semana**

Promedio Finales de aforos de una semana (TPH)

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION I	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	904	860	927	791	863	879	556
A-2	187	168	173	161	171	144	108
A-3	876	797	872	949	773	641	457
A-4	16	27	32	33	27	41	29
TOTAL=	1983	1852	2004	1935	1833	1705	1151

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION II	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	276	287	299	316	324	180	145
A-2	1140	1320	1276	1184	1476	840	548
A-3	620	636	568	744	508	432	232
TOTAL=	2036	2243	2143	2244	2308	1452	925

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS TPH (VEH/H)							
INTERSECCION III	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
A-1	1920	1700	1372	1676	1408	1384	960
A-2	696	584	608	768	872	604	484
A-3	1204	880	868	964	932	740	420
A-4	620	636	568	744	508	432	232
TOTAL=	4440	3800	3416	4152	3720	3160	2096

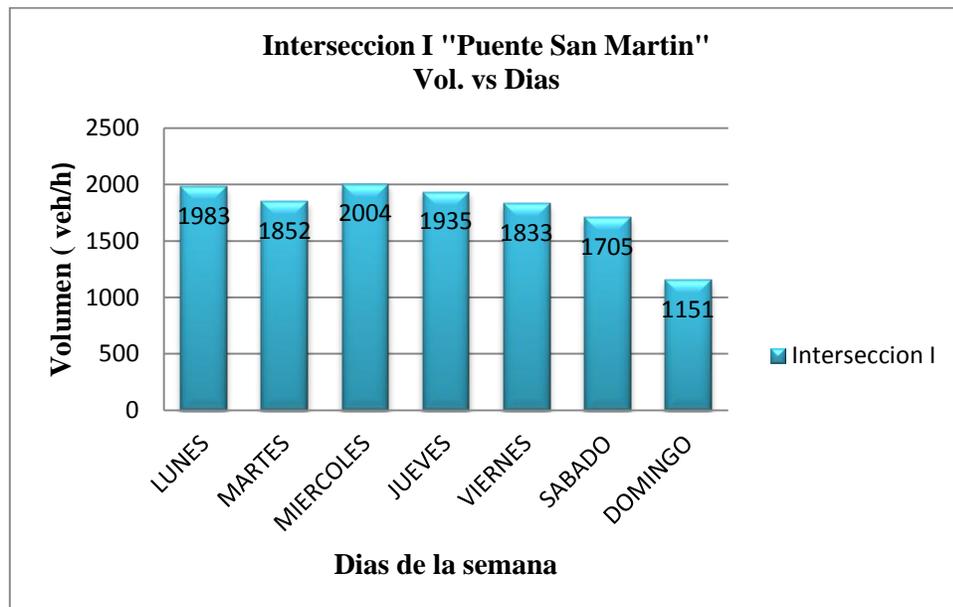
Nota: Las casillas pintadas de verde son los días más críticos de cada intersección.

Fuente: Elaboración propia

- **Graficas de volumen del diferente comportamiento de los distintos días de la semana.**

Diferente comportamiento de una semana en la intersección I

Puente San Martin

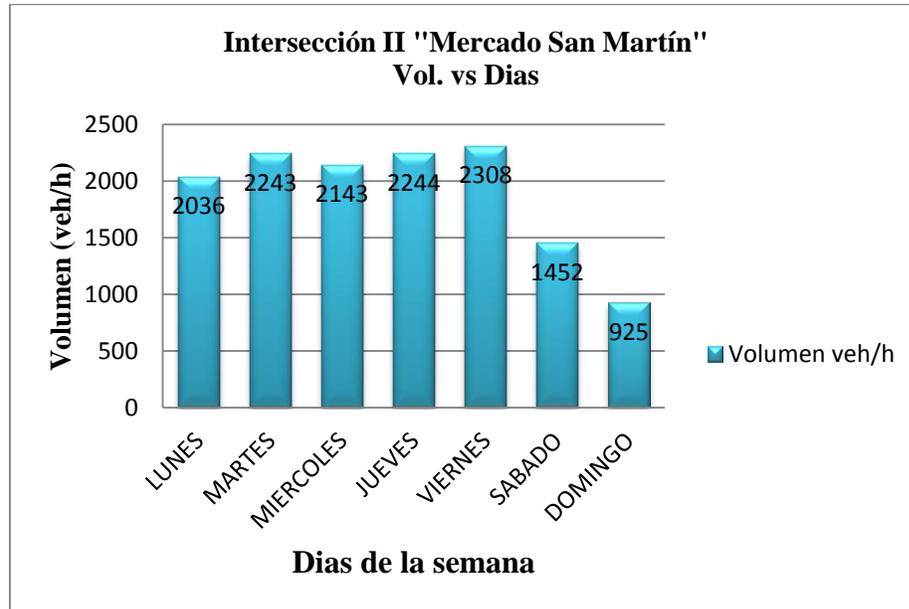


Fuente: Elaboración propia

En esta grafica se puede observar que los días hábiles de mayor demanda vehicular es el lunes con un volumen de 1983 veh/ h y el día miércoles con 2004 veh/h y como día no hábil el sábado con un volumen de 1705 veh/h; lo que con estos días nos podría ayudar a elegir los tres días de aforación de la semana.

Diferente comportamiento de una semana en cada intersección II

Mercado San Martín

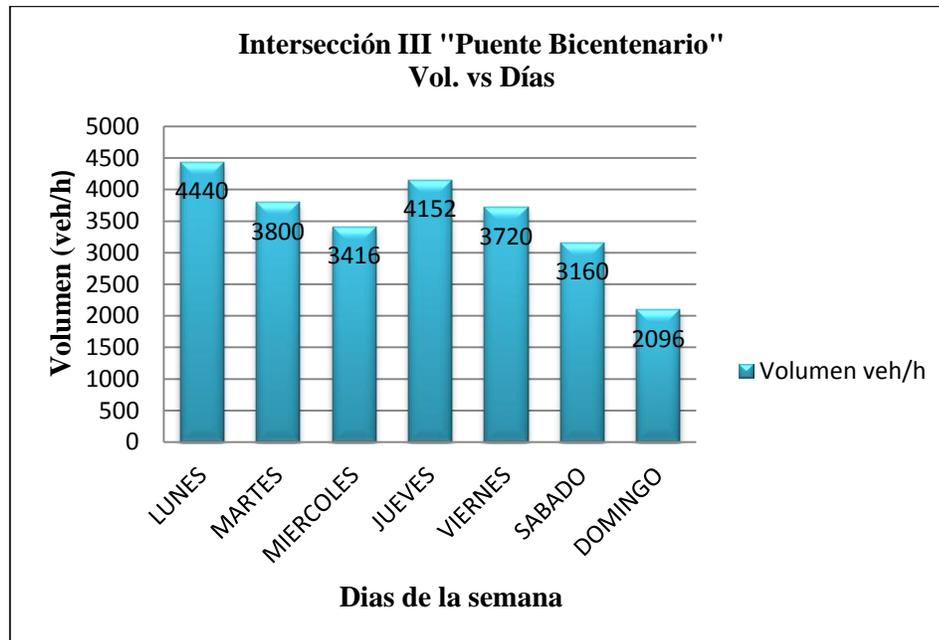


Fuente: Elaboración propia

La intersección del mercado San Martín se pudo observar con los aforos de toda la semana los días hábiles de mayor demanda vehicular fueron jueves con un volumen de 2244 veh/h y el día viernes con 2308 veh/h y como día no hábil el sábado con un volumen de 1452 veh/h.

Diferente comportamiento de una semana en cada intersección III

Puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

En esta intersección tres del Puente Bicentenario se observó que los días hábiles de mayor demanda vehicular es el día lunes con 4440 veh/h y el jueves con 4152 veh/h y como día no hábil el sábado con 3160 veh/h.

Se pudo apreciar que hay una gran variación de una intersección a otra, ya que en dos intersecciones la del Puente San Martín y Puente Bicentenario coinciden con el día lunes como el primer día hábil de mayor demanda y en la intersección del Mercado San Martín es el miércoles por eso elegí el día lunes como primer día hábil de aforación ya que en 2 intersecciones coinciden; para el segundo día hábil hay variación de las tres intersecciones ya que es diferente en cada una pero sin embargo tomando en cuenta el segundo día hábil de mayor demanda de las tres intersecciones pude elegir el día jueves de la intersección tres ya que este día es el más crítico como segundo día hábil de las tres intersecciones; y como día no hábil se eligió el sábado ya que ese día es el que coincide en las tres intersecciones.

En resumen los días hábiles de aforación fueron tomados en cuenta para este estudio el día **lunes y jueves** y como día no hábil el **sábado** para durante todo el mes de aforación de volúmenes y tiempos para el cálculo de velocidades

➤ **Aforos de volúmenes en un mes.**

Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones

Puente San Martin

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH) VEH/H		
INTERSECCION I	A-1	899
INTERSECCION I	A-2	175
INTERSECCION I	A-3	783
INTERSECCION I	A-4	31
	TOTAL=	1889

Fuente: Elaboración propia

Esta intersección es la más crítica ya que por esta circula la línea de los micros y taxis trufis que pasan para ir a los barrios de más arriba como Tabladita, Senac, Alto Senac, etc; más que todo circula por los acceso 1 y 3 por eso tiene mayor flujo vehicular en sus horas picos y los otros dos accesos el 2 y 4 de la Avenida La Banda su circulación es mas de vehículos privados por eso no hay mucho volumen vehicular.

Mercado San Martin

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS		
INTERSECCION II	A-1	290
INTERSECCION II	A-2	305
INTERSECCION II	A-3	139
	TOTAL=	734

Fuente: Elaboración propia

Esta intersección de solo tres accesos no hay mucha demanda vehicular tampoco se presenta congestiones ya que solo circulan vehículos privados livianos y medianos y algunos vehículos livianos públicos.

Puente Bicentenario

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS		
INTERSECCION III	A-1	434
INTERSECCION III	A-2	234
INTERSECCION III	A-3	331
INTERSECCION III	A-4	421
	TOTAL=	1419

Fuente: Elaboración propia

En esta intersección de cuatro accesos en sus horas picos hay bastante tráfico vehicular ya que la mayoría de los vehículos privados (medianos y livianos) y públicos (livianos) ingresan por el puente Bicentenario a la avenida La Banda, para así poder pasar para ir a los barrios aledaños a esta avenida como también para ir al centro de la ciudad.

➤ % de vehículos de giro izquierdo y derecho (veh/h) en cada intersección

Promedio Finales de % de giro izquierdo y derecho “Puente San Martín”

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION I	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
PUENTE SAN MARTIN	A-1	55	33	6,18	3,73
	A-2	39	123	22,23	70,12
	A-3	26	53	3,32	6,75
	A-4	10	7	31,21	23,40
	TOTAL=	130	217		

Fuente: Elaboración propia

En la intersección del Puente San Martín en los accesos de sobre la avenida Héroes de la Independencia el acceso(A-1 & A-3) no hay mucho % de giros izquierdos y derechos debido a que la gran mayoría de los vehículos pasan de frente; y en los otros dos accesos de la avenida La Banda hay más % de giros debido a que

doblan bien para ir hacia al centro como también para subir hacia los barrios de más arriba.

Promedio Finales de % de giro izquierdo y derecho “Mercado San Martin”

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION II	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
MERCADO SAN MARTIN	A-1	176	0	60,83	0,00
	A-2	98	207	32	67,92
	A-3	25	21	17,72	14,93
	TOTAL=	299	228		

Fuente: Elaboración propia

En esta intersección en el acceso A-1 no hay giro derecho debido a que en esa parte se encuentra el mercado San Martin no hay entrada de calle en ese lado solo tenemos giro izquierdo en gran magnitud debido a que doblan por la calle que sale al surtidor de la avenida Héroes de la Independencia; en los otros dos accesos hay un gran % de giros en ambos lados tanto giro izquierdo como derecho.

Promedio Finales de % de giro izquierdo y derecho “Puente Bicentenario”

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)					
INTERSECCION III	ACCESOS	GIRO IZQ.	GIRO DER.	% GIRO IZQ.	% GIRO DER.
PUENTE BICENTENARIO	A-1	90	147	20,74	33,94
	A-2	32	64	13,48	27,52
	A-3	30	38	9,07	11,35
	A-4	194	46	46,10	10,89
	TOTAL=	346	295		

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de giros de la tercera intersección hay una gran variación de un acceso a otro; pero el acceso que tiene más giro izquierdo es el (A-4) debido a doblan la mayoría para cruzar el puente bicentenario, el acceso de mayor % de giro derecho es el acceso (A-2) también la mayoría dobla para cruzar el puente e ir al centro de la ciudad.

➤ % de vehículos pesados (veh/h) en cada intersección

Promedio Finales de % de vehículos pesados

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion I	Accesos	Total	% Veh. Pesados
PUENTE SAN MARTIN	A-1	16	2
	A-2	6	3
	A-3	12	2
	A-4	3	9
TOTAL=		37	

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion II	Accesos	Total	% Veh. Pesados
MERCADO SAN MARTIN	A-1	7	2
	A-2	8	2
	A-3	7	5
TOTAL=		21	

PROMEDIO DE LAS TRES HORAS (TPH)			
Interseccion III	Accesos	Total	% Veh. Pesados
PUENTE BICENTENARIO	A-1	11	2
	A-2	8	3
	A-3	11	3
	A-4	9	2
TOTAL=		39	

Fuente: Elaboración propia

En la avenida La Banda no hay mucho porcentaje de vehículos pesados, más que todo circula vehículos livianos ya que se lo desvían los vehículos pesados la mayor parte por la avenida circunvalación y algunos por la avenida Jaime Paz.

➤ Velocidades de punto

Promedio Final de velocidades de punto km/h

PROMEDIO FINAL DE VELOCIDADES (Km/h) DE LOS TRES DIAS DE LA SEMANA		
TRAMO	BAJ.	SUB.
Av. Banda entre Pte. San Martin y Mdo. San Martin	38,96	42,23
Av. Banda entre Mdo. San Martin y Pte. Bicentenario	43,06	48,39
Av. Banda entre Pte. Bicentenario y Pte. Peregrino	44,89	39,29

Fuente: Elaboración propia

Viendo los resultados de las velocidades se ve que en el tramo entre el Mercado San Martin y Puente Bicentenario se puede alzar mayor velocidad de circulación debido a que este tramo no tiene ninguna interrupción, aparte es un tramo más largo de 604 metros de distancia desde el mercado San Martin al Puente Bicentenario en comparación de los otros dos tramos; pero en los tres tramos no cuenta con ninguna calle que pueda interrumpir la circulación porque todos entran por las tres intersecciones a la avenida La Banda.

➤ **Capacidad y nivel de servicio**

Nivel de servicio por cada acceso intersección por accesos

INTERSECCION I (PUENTE SAN MARTIN)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A- 1	896	539	1,66	F	Flujo Forzado
A - 2	175	1898	0,09	B	Flujo Estable
A - 3	783	1462	0,54	D	Proximo flujo inestable
A - 4	31	864	0,04	B	Flujo Estable

Fuente: Elaboración propia

En la intersección del Puente San Martin en el acceso A-1 que es el que entra del puente San Martin circula arriba de su capacidad lo que hace que provoque el congestionamiento vehicular en esa intersección; el acceso A-3 de la av. Heroes de la Independencia que baja de los Barrios aledaños también hay bastante tráfico vehicular y en los otros dos accesos de la avenida La Banda la circulación es normal no hay congestionamientos.

INTERSECCION II (MERCADO SAN MARTIN)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A- 1	290	1368	0,21	C	Flujo Estable
A - 2	305	972	0,3	C	Flujo Estable
A - 3	139	1481	0,09	B	Flujo Estable

Fuente: Elaboración propia

La intersección del Mercado San Martin de solo tres accesos, la circulación es normal no hay congestionamiento vehicular porque la capacidad que tienen los tres accesos satisface a la demanda vehicular de esa intersección.

INTERSECCION III (PUENTE BICENTENARIO)					
ACCESOS	VOLUMEN VEH/H	CAPACIDAD VEH/H	V/C	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
A - 1	434	804	0,54	D	Proximo flujo inestable
A - 2	234	1514	0,15	C	Flujo Estable
A - 3	331	1207	0,27	C	Flujo Estable
A - 4	421	1368	0,3	C	Flujo Estable

En la tercera intersección su capacidad es normal porque satisface la demanda vehicular, pero la que está más afectada es el acceso A-1 que entra del Puente Bicentenario debido a que todos los vehículos entran por ahí para entrar a la avenida La Banda y algunos para pasar a los barrios aledaños.

Nivel de servicio total por intersección

NIVEL DE SERVICIO POR INTERSECCION		
INTERSECCIONES	NIVEL SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
Interseccion I Puente San Martin	F	Flujo Forzado
Interseccion II Mercado San Martin	C	Flujo Estable
Interseccion III Puente Bicentenario	D	Proximo flujo inestable

Fuente: Elaboración propia

Para el nivel de servicio se tomó el nivel de servicio menor por cada intersección; en la intersección del puente San Martin es la intersección que circula fuera de su capacidad de servicio lo que hace que tenga un flujo forzado y en las otras dos intersecciones van próximo a un flujo inestable.

➤ **Semaforización:**

De acuerdo a los volúmenes aforados en cada intersección se cálculos los tiempos de fase tanto roja como verde para cada acceso en cada intersección el resumen de tiempos está en la siguiente tabla:

RESUMEN DE TIEMPOS DE CICLOS FINALES EN SEGUNDOS							
Calle Princ.	Fase Roja	Fase Ama.	Fase Verde	Calle Sec.	Fase Roja	Fase Ama.	Fase Verde
Av. Heroes de la Independencia	5	5	37	Av. La Banda	37	3	5
Calle que baja al Mdo. San Martin	16	5	26	Av. La Banda	26	3	16
Calle que baja del surtidor al Pte. Bic.	13	5	29	Av. La Banda	29	3	13

Fuente: Elaboración propia

Viendo todos tiempos de fase de las intersecciones se observa que en la avenida La Banda tenemos más tiempo de fase roja que fase verde en comparación de las otras calles de ingreso a cada intersección; eso se debe a que en la avenida La Banda tenemos menos flujo vehicular que las calles de ingreso a las intersecciones.

La avenida de la Banda es una vía nueva que data de no más de dos años por lo que los flujos vehiculares aún están en proceso de consolidación y no muestran en este momento problemas de congestión y falta de capacidad vehicular. Bajo este contexto a futuro es posible que se requiera mejorar la vía con algunas acciones que favorezca la circulación vehicular entre ellas planteamos las siguientes.

- 1) Desarrollar una mejor **señalización** tanto vertical como horizontal para que tanto el usuario conductor como peatón puedan tener mejores condiciones de circulación con seguridad y confort. **Ver anexo 1 de planos.**
- 2) Otra solución es combinar una mejor **señalización y semaforización** al mismo tiempo que permita regular la circulación tanto vehicular como peatonal y dar seguridad y confort a los usuarios, en el presente trabajo se plantea todo el estudio de semaforización que se requiere para el tramo de estudio. Con la semaforización ya calculada con los volúmenes aforados podemos establecer que en la Intersección del Puente San Martin debe colocarse semáforos de tiempo pre determinado, en las otras dos intersecciones no haría falta ya que tenemos menor flujo vehicular y no se produce congestión como lo es el Puente San Martin. **Ver anexo 2 de planos.**
- 3) Otra solución podría ser modificar los **flujos direccionales** haciendo que gran parte del tráfico vehicular que pasa por el Puente San Martin utilice el Puente Bicentenario como un acceso alternativo para poder ingresar o salir de la avenida La Banda; o también en la Avenida Héroes de la Independencia hacer que el sentido de

flujo sea solo de subida hacia los barrios de la zona alta y para el caso del descenso de estos barrios que sea un flujo obligatorio la calle que pasa por el surtidor de la Avenida Héroes de la Independencia y se dirige hacia la Avenida La Banda para así poder cruzar el Puente San Martín; tratando de esta manera evitar el congestionamiento en la Avenida Héroes de la Independencia y el Puente San Martín y que pueda haber una mejor circulación para poder brindar seguridad tanto al usuario conductor como al peatón. **Ver anexo 3 de planos.**

Analizando las soluciones planteadas anteriormente se considera que la solución más factible es la tercera solución de **modificar los flujos direccionales** en la parte del puente San Martín para evitar el congestionamiento que se produce en esa zona y la avenida Héroes de la Independencia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES:

- Para determinar las características físicas y geométricas de un área de estudio de tráfico se debe realizar un levantamiento topográfico que garantice las condiciones geométricas de la zona.
- En la elaboración de un estudio de tráfico vehicular se debe realizar aforos de volúmenes de un día completo para determinar las horas picos de la zona de estudio, porque en esas horas es donde se presenta el mayor flujo vehicular que nos ayudara a obtener buen estudio de tráfico más a futuro.
- Se recopila toda la información necesaria para hacer el estudio de tráfico vehicular tomando en cuenta el tipo de vehículo, si es privado o público, en cada acceso de cada intersección de la avenida estudiada.
- Los resultados de volúmenes que se obtuvo en la intersección del Puente San Martín fue un total de 1886 veh/h, en el Mercado San Martín un total de 734 veh/h y la intersección del Puente Peregrino un total de 1419 veh/h.; donde se observa que la intersección más crítica es la del Puente San Martín debido a que tiene el mayor volumen de tráfico vehicular.
- El estudio de velocidades arrojó los siguientes resultados en el primer tramo del Puente San Martín al Mercado San Martín 38.96 km/h de bajada y 42.23 km/h de subida; en el segundo tramo del Mercado San Martín al Puente Bicentenario una velocidad de bajada de 43.06 km/h y de subida de 48.39 km/h y en el tercer tramo desde el Puente Bicentenario al Puente Peregrino de bajada de 44.89 km/h y de subida de 39.29 km/h.; en el segundo tramo del Mercado San Martín al Puente Bicentenario se puede alcanzar mayor velocidad debido que es un tramo más largo y no tiene interferencia de alguna calle.
- En cuanto a la capacidad y nivel de servicio se calculó de acuerdo a los volúmenes un nivel de servicio F para el Puente San Martín, un nivel de servicio

C en la intersección del Mercado San Martín, y en el Puente Bicentenario un nivel de servicio D; en el Puente San Martín se tiene un flujo forzado es una intersección crítica debido a que tenemos mayor volumen de tráfico de 1886 veh/h, en la intersección del Mercado San Martín tenemos un flujo estable no hay congestionamiento y en el Puente Bicentenario un flujo próximo a ser inestable debido a que cada año va creciendo más la población y también incremento de vehículos.

- El tiempo de ciclos de los semáforos es de 50 segundos con una fase verde de 37 seg., fase roja de 5 seg y fase amarilla de 5 seg. en las calles que ingresan a la avenida La Banda; y para la avenida la Banda con una fase roja de 37 seg, fase verde de 5 seg y una fase amarilla de 3 seg.
- Analizando los resultados de los volúmenes, velocidades, capacidad, nivel de servicio se pudo observar que la intersección del Puente San Martín es la intersección más crítica donde hay bastante tráfico vehicular para lo cual se planteó algunas soluciones para evitar el congestionamiento que se produce en esta rotonda.
- Entre las soluciones planteadas se propone mejorar la señalización tanto vertical como horizontal, o combinar semaforización con señalización o sino modificar los flujos vehiculares para que así permita regular la circulación tanto vehicular como peatonal y dar seguridad y confort a los usuarios.
- Analizando las soluciones planteadas la solución más favorable es de **modificar los flujos direccionales** en el Puente San Martín y la Avenida Héroes de la Independencia para evitar el congestionamiento que se produce en esa zona; ya que tenemos un nivel de servicio F que corresponde a un flujo forzado en esa intersección.
- Si bien planteamos en las alternativas de solución la implementación de semáforos, se demuestra que los accesos críticos corresponde al flujo en dirección de los puentes y no así de la Av. La Banda, por ello concluimos que en el momento no es conveniente implementar los semáforos en las los accesos de los puentes, a futuro podría estudiarse el comportamiento de la Av. La banda

para mejorar su volumen y de esta manera justificar un semáforo para regulador de la circulación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe evitar el menor tiempo posible de estacionamiento en calles que sean flujos principales, como la Avenida Héroes de la Independencia ya que esta avenida hay bastante tráfico vehicular y hace que se produzca un congestionamiento vehicular.
- Se recomienda mantenimiento de las señalizaciones horizontales y mejorar las señalizaciones verticales ya que en algunas intersecciones de la avenida La Banda no se nota la señalización.
- Se debe hacer énfasis en la educación vial debido a la poca instrucción sobre las reglas de tránsito a los usuarios conductores como peatones.
- Con el estudio realizado se recomienda que las autoridades vean la situación como mejorar la transitabilidad de la avenida La Banda y de sus principales calles de ingreso a dicha avenida para evitar que sigan circulando arriba de su capacidad ya que en el Puente san Martín tienen un flujo Forzado debido al gran congestionamiento que se produce.

