

1. DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

1.1. Introducción

El mercado abasto “Mercado El dorado” de la torre es uno de los puntos comerciales más influyentes e importantes para la ciudad de Tarija y los barrios aledaños, uno de los más cercanos al mercado campesino, y el más afectado por el crecimiento poblacional en la zona Lourdes y los barrios que la componen, siendo también un punto estratégico para la concentración de futuros centros comerciales por su cercanía con el mercado campesino.

Esto hace que un estudio sobre el comportamiento de tráfico vehicular en la zona sea de total necesidad, ya que el congestionamiento vehicular es uno de los problemas a los que se enfrentan las calles y avenidas de dicha zona a diario, especialmente en la intersección entre las avenidas Circunvalación y Froilán Tejerina.

Al tener una importancia de esta magnitud es necesario asegurar el funcionamiento óptimo de estas avenidas para obtener un comportamiento vehicular controlado y eficiente. En este proyecto de grado se pretende estudiar las intersecciones a la Froilán Tejerina desde la avenida Circunvalación hasta la calle Gral. Bernardino Bilbao Rioja.

Se realizará el aforo vehicular en todas estas intersecciones con el fin de cubrir la zona de tráfico vehicular del mercado abasto “mercado el dorado”, las técnicas de medición que se realizará para este proyecto será el tipo de aforo manuales, que consiste primeramente en realizar el conteo en un día en 24 horas para determinar las horas pico y luego aforar durante un mes en 3 días de la semana, en las 3 horas pico al día determinados previamente. Para realizar un aforo manual de un día es necesario emplear por lo menos tres equipos de observadores, este método se aplicará en intersecciones más críticas y en puntos conflictivos de la zona de tal manera que se tendrán datos de los tipos de transporte. Ya teniendo este estudio se realizará un análisis de volúmenes por donde circulan los diferentes tipos de vehículos y veremos su relación con el congestionamiento de la zona.

Con esta información procesaremos los datos en gabinete con el fin de analizar los resultados y estableceremos la magnitud del problema para plantear posibles soluciones.

Figura 1 *Fotografía de la rotonda de la torre*



Fuente: Elaboración propia.

1.2. Justificación

Debido a que el mercado abasto se encuentra en una situación de emergencia en cuanto se refiere al tráfico vehicular que produce y ocasiona impactos negativos como la pérdida de tiempo en desplazamientos, se ha decidido realizar un estudio de la organización del tráfico vehicular para poder plantear medidas de solución a la problemática que existe actualmente.

El presente trabajo es un estudio relacionado con la ingeniería de tráfico, por lo que se realizará un estudio tanto como una obtención de datos para luego procesarlos y evaluarlos en los tramos más conflictivos del mercado abasto, profundizando en los siguientes aspectos:

Beneficiar tanto a peatones como a conductores, el vehículo y la viabilidad, pero sobre todo en lo social por la necesidad que tienen las distintas personas que circulan por ese

lugar. Esto con el propósito de controlar y guiar de forma apropiada y eficiente ambos beneficiarios.

Se eligió este estudio para realizar un aporte académico sobre el análisis y distribuciones de los volúmenes de tráfico en los tramos de la zona del mercado abasto para tener la capacidad de tomar decisiones acertadas a tiempo y dar un planteamiento de soluciones o posibles soluciones para minimizarlo al máximo y establecer mayor fluidez vehicular desde el punto de vista de la ingeniería de tráfico.

1.3. Diseño teórico

1.3.1 Determinación del problema

1.3.1.1. Situación problemática

La cantidad de vehículos que hay en la zona mercado abasto es un problema latente diario, ya que incrementó la cantidad poblacional, por consecuencia el número de los vehículos también, ya sean privados o públicos, en los cuales los habitantes se movilizan diariamente. Debido a dicho incremento y a la falta de alternativas de solución se presenta a diario un flujo vehicular caótico por lo que se obtiene como resultado congestionamientos vehiculares que afectan a toda la circulación vehicular de la zona.

1.3.1.2. Problema

¿Con las mediciones de los parámetros de los volúmenes de tráfico de la zona, que medidas se podrían adoptar para una gestión más eficiente en la organización del tráfico vehicular?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Analizar la organización de tráfico vehicular en la zona mercado abasto mediante un estudio de tráfico vehicular para plantear alternativas que mejoren la circulación y reducir el congestionamiento vehicular.

1.4.2. Objetivos específicos

- Definir las intersecciones más críticas y de mayor influencia en la zona.
- Realizar el aforo de volúmenes de tráfico vehicular, tiempos de recorrido y circulación, mediante la metodología de aforo manual en las intersecciones definidas y la medición de los anchos de calzada.
- Realizar el análisis de volúmenes de tráfico para determinar capacidades y niveles de servicio en la zona de estudio.
- Realizar la proyección de volúmenes tráfico para 10 y 20 años y el cálculo de sus correspondientes niveles de servicio.
- Diseñar la señalización horizontal y vertical.
- Realizar el análisis de semaforización.
- Analizar el resultado de las condiciones al tiempo actual, para las proyecciones de 10 y 20 años y el resultado de las nuevas condiciones brindadas por la alternativa de solución en el tiempo actual, también a 10 y 20 años con la simulación de tráfico vehicular mediante software.
- Realizar los cálculos métricos, análisis de precios unitarios y presupuesto general de los ítems que contempla la alternativa de solución
- Establecer conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

1.5. Hipótesis

¿La redistribución de tráfico vehicular en la zona del mercado abasto, nos permitirá mejorar las condiciones de circulación vehicular?

1.5.1 Definición de variables

1.5.1.1. *Variable independiente*

La variable independiente en este proyecto es el tráfico vehicular.

1.5.1.2. *Variable dependiente*

Esta depende de la variable independiente por lo que en este caso serían los parámetros.

1.6. Alcance

El alcance del presente proyecto abarca primeramente la recolección de bibliografía para tener los fundamentos necesarios para el tema de estudio, luego se determinará la situación problémica para obtener el problema específico actual, seguido de ello se plantean los objetivos a desarrollar a lo largo del proyecto, también se plantea la hipótesis para luego de realizado el análisis de los resultados se pueda descartarlo o comprobar que sea cierto.

Se realizará el diseño metodológico mediante el cual se define la unidad de estudio, decisión muestral, métodos, técnicas y procedimientos, preparación para la aplicación de instrumentos y tratamiento estadístico.

Dentro de la unidad de estudio se encuentran los volúmenes de tráfico vehicular en vías interrumpidas, volúmenes que serán medidos mediante aforo manual en un lapso de un mes, la muestra se seleccionó en los tramos de mayor volumen de tráfico vehicular de la zona del Mercado Abasto, que están comprendidos entre 30 intersecciones, las cuales son:

Intersección 1, rotonda Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina (Torre petrolera).

Intersección 2, esquina Av. Froilán Tejerina y calle Regimiento Warnes.

Intersección 3, esquina Av. Froilán Tejerina y calle Regimiento Marzana.

Intersección 4, esquina Av. Froilán Tejerina y Av. Gral. Bernardino Bilbao Rioja.

Intersección 5, esquina Av. Gral. Bernardino Bilbao Rioja y calle Kilómetro 7.

Intersección 6, Av. Froilán Tejerina y calle Regimiento Campos.

Intersección 7, esquina calle Marzana y calle Timoteo Raña.

Intersección 8, esquina calle Regimiento Warnes y calle Timoteo Raña.

Intersección 9, esquina Av. Circunvalación y calle Timoteo Raña.

Intersección 10, esquina Av. Circunvalación y calle Luis Campero.

Intersección 11, esquina Calle Warnes y calle Luis Campero.

Intersección 12, esquina Calle Regimiento Warnes y calle Regimiento Montes.

Intersección 13, esquina Calle Regimiento Marzana y calle Regimiento Montes.

Intersección 14, esquina Calle Regimiento Marzana y calle Regimiento loa.

Intersección 15, esquina Calle Regimiento Campos y calle Regimiento loa.

Intersección 16, esquina Calle Regimiento Campos y calle Timoteo Raña.

Intersección 17, esquina Calle Regimiento Lanza y calle Timoteo Raña.

Intersección 18, esquina Av. Froilán Tejerina y Calle Regimiento Lanza.

Intersección 19, esquina Av. Froilán Tejerina y Calle Regimiento Ayacucho.

Intersección 20, esquina Regimiento Ayacucho y Calle kilómetro 7.

Intersección 21, esquina kilómetro 7 y Calle Presidente Daniel.

Intersección 22, esquina El Rancho y Calle Presidente Daniel

Intersección 23, esquina Av. Bernardino Rioja y Calle El Rancho.

Intersección 24, esquina Av. Bernardino Rioja y Calle Carlos schnorr

Intersección 25, esquina Av. Bernardino Rioja y Calle Rancho.

Intersección 26, esquina la pintada y Calle Rancho.

Intersección 27, esquina Tolomosa y Calle Rancho

Intersección 28, esquina Tolomosa y Calle Carlos Schnorr

Intersección 29, esquina Av. Circunvalación y Calle Calderillas

Intersección 30, esquina Av. Circunvalación y Calle Tomayapo

La recolección de datos se realizará de manera manual y por observación en campo para la clasificación del tránsito, se realizará este procedimiento durante un mes de aforo, durante 3 días de la semana, dos días hábiles (martes y jueves) y un día no hábil (sábado). Esta metodología adoptada en base a los criterios y recomendaciones que sugieren la AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs y el Highway Capacity Manual HCM que se explica a continuación y de manera detallada en el marco teórico.

Para poder realizar esta recolección de datos es necesario determinar horas pico a lo largo de un día, para esto haremos un aforo en una sección crítica desde las 6:00 hasta las 21:00, para poder graficar un histograma y así definir los horarios pico más elevados. Se definieron 3 horas pico debido a que el histograma nos proporcionó esa observación visual. Este criterio de realizar la medición durante el transcurso de horas definido, se lo adoptó de acuerdo con lo que sugiere el manual HCM en el capítulo 8 de variación horaria del tráfico vehicular, de hora pico y hora de hora de análisis, tomando en cuenta la duración de análisis del capítulo 12 de dicha norma. También se toma en cuenta la norma AASHTO que no establece directamente que el aforo deba realizarse en un solo día para identificar horas pico, pero si menciona que los conteos manuales de tráfico sí se utilizan en varios usos para ofrecer una base de comparación o calibración de datos recolectados por dispositivos automáticos o digitales, lo cual permite ajustar y corregir las mediciones. En la AASHTO también se identifican las horas pico a lo largo de un día mediante la representación gráfica del volumen de tráfico por intervalos de tiempo de una hora. Todo esto se puede revisar en los capítulos 4 y 7 de dicha norma.

Una vez que ya tengamos las 3 horas pico definidas procedemos a escoger 2 días hábiles y un día no hábil para realizar el aforo manual. Para esto también se toma en cuenta la recomendación de la norma AASHTO de no tomar en cuenta los lunes ni viernes como días de aforo, debido a que el lunes desde las cero horas hasta el mediodía se encuentra en un volumen de tráfico inestable e incluso el resto de jornada y el viernes de igual manera a partir del medio en adelante debido al inicio y cierre de semana laboral. Esto se puede revisar en el capítulo 4 de dicha norma. También se toma en consideración las recomendaciones del manual HCM de los capítulos 8 y 12 sobre la variación diaria y los periodos de análisis y recopilación de datos. Por esta razón es que se escogieron los martes y jueves para la medición en días hábiles y el sábado en el no hábil. Elegir martes y jueves para los días hábiles es lo aconsejable según el HCM, ya que los lunes y viernes pueden presentar variaciones significativas e inestabilidad debido a efectos de inicio y cierre de la semana laboral. Para el día no hábil el sábado es ideal, debido a que los domingos tienen patrones irregulares debido a actividades sociales y recreativas que afectan al tráfico.

Una vez definido los 3 días de medición se procede a realizar esta medición a lo largo de cuatro semanas porque nos permite captar mejor las variaciones semanales y asegura que los datos reflejen las condiciones regulares de una semana a otra para tratar de obtener el comportamiento más representativo posible. Ya que el HCM y la práctica general de ingeniería de tráfico suelen sugerir que los estudios de aforo se realicen durante periodos representativos para capturar variaciones en el tráfico y obtener una muestra fiable, especialmente cuando los datos se usarán para análisis de capacidad o algún estudio de importancia.

Establecida la metodología se realizará la recopilación de datos de volúmenes de tráfico por el método de aforo manual y para las velocidades de punto se medirán los tiempos con cronómetro en una distancia conocida.

Luego de recopilada la información, se explicarán detalladamente los conceptos fundamentales de volúmenes vehiculares, velocidades, capacidad vehicular, niveles de servicio, semaforización y señalización, especialmente lo referente a volúmenes de tráfico y niveles de servicio en áreas urbanas o vías interrumpidas. Ya que actualmente se podría decir que la zona de estudio, en el tramo más conflictivo aparentemente cuenta con un nivel de servicio F, todo esto servirán como parámetros para analizar las características de circulación del tráfico en la zona.

Con todos los parámetros ya definidos y una vez ya realizados todos los cálculos, también analizar en base a ello posibles soluciones para mejorar el tráfico vehicular.

También se proyectarán los volúmenes de tráfico para 10 y 20 años, calculándose sus respectivos niveles de servicio. De igual manera, se realizará la proyección de volúmenes de tráfico aplicando la alternativa de solución planteada en los mismos intervalos de tiempo, así mismo se volverá a calcular los niveles de servicio.

Con los resultados obtenidos se obtendrán las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

1.7. Diseño metodológico

1.7.1 Unidad de estudio y decisión muestral

1.7.1.1. *Unidad de estudio*

Se entiende por unidad de estudio a cada uno de los elementos constituyentes de la población estudiada, se centra en los sujetos u objetos de estudio. Por tal motivo la unidad de estudio en este caso es la organización de tráfico vehicular en vías interrumpidas.

1.7.1.2. *Población*

Una vez definida la unidad de estudio, se delimita la población que será estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. De acuerdo con nuestros objetivos de estudio, la población está conformada por las 30 intersecciones definidas en la zona del mercado abasto.

1.7.1.3. *Muestra*

La muestra en este caso es la totalidad de las 30 intersecciones por donde se presentan mayores volúmenes de tráfico en la zona en horas pico. Es decir que nuestra muestra es igual a la población.

1.7.1.4. *Muestreo*

La elección de los puntos para el muestreo se realizó en base a una observación en campo, en donde estos presentaban mayores volúmenes de tráfico. Se seleccionaron 30 puntos críticos, los cuales se mencionan en el alcance de este proyecto. En estos puntos se realizarán los aforos manuales de volúmenes de tráfico vehicular.

1.7.2 Métodos, técnicas y procedimientos

Una vez establecidas la cantidad de puntos de estudio o aforos a realizar se establece la metodología de la siguiente manera:

Para la recolección de datos se emplea el método de tipo experimental, el cual se usa siempre y cuando se desee construir un modelo explicativo y sus estudios son materia de textos especiales ya que aplican procedimientos estadísticos complejos. Donde se busca determinar las causas por las que ocurre un fenómeno o evento, busca establecer relaciones entre la causa y el efecto.

Se utilizará el método inductivo ya que de acuerdo con los pasos que involucra se adecua a lo que procederá con el estudio de la organización del tráfico vehicular en la zona del mercado abasto, dado que será necesaria la observación y el aforo vehicular manual para la obtención de datos y su posterior procesamiento para obtener resultados.

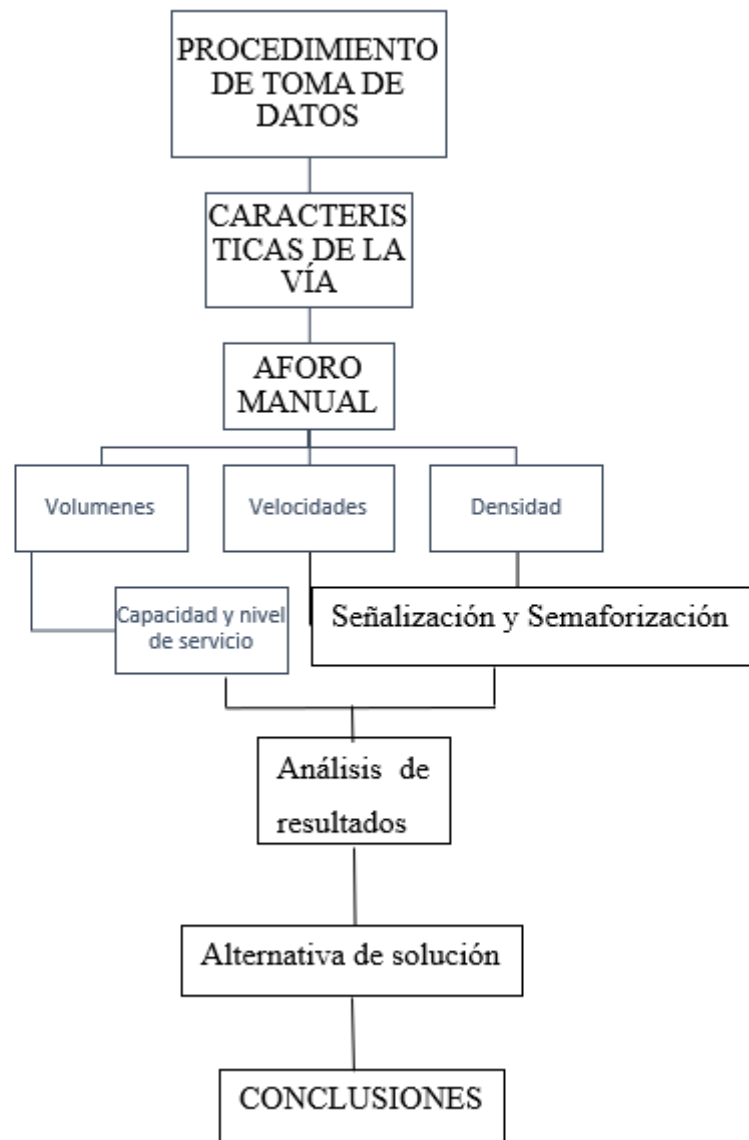
1.7.2.1. Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo que se usará es la de observación ya que se para recopilar los datos se los hace de manera personal y visual, esto para tener la percepción de lo que es el objeto de estudio, es decir para poder clasificar los tipos de vehículos, ya sean de transporte público o privado, luego se medirán los volúmenes de tráfico en los puntos más conflictivos y de mayor circulación en la zona en un lapso de 1 mes. Con toda esta información recopilada se procesarán los datos para luego realizar análisis de los resultados.

1.7.2.2. Procedimiento de aplicación

Primero se clasificarán los tipos de vehículos en livianos, medianos y pesados. Esto como recomendación de la AASHTO y el HCM para poder realizar los cálculos de capacidades y niveles de servicio. También se clasificarán en vehículos privados y públicos que, aunque esto no afecta directamente los cálculos de capacidad o nivel de servicio, es útil para entender la incidencia del tipo de conductor y su impacto en el tráfico vehicular, algo

que la AASHTO y el HCM reconocen como un factor en el comportamiento vehicular. Se realizarán planillas de aforo con esta clasificación, se realizará el conteo de los vehículos durante un mes, en 3 días de la semana, dos hábiles y uno no hábil y en 3 horas pico de cada día, tal cual se explicó en el alcance de este trabajo.



Primero se establecerá el área de estudio y se definirán las intersecciones donde se presentan los mayores volúmenes de tráfico vehicular en la zona del mercado abasto, siendo un total de 30 intersecciones.

Para obtener la información de los volúmenes de tráfico se realizarán los aforos. Esto será de manera manual, iniciando con la medición en la intersección más circulada de 6:00 a 21:00, esto para determinar las horas pico del día. Una vez determinadas las horas pico se realizará la medición durante 1 mes en 3 días de la semana.

También se realizará el aforo de tiempos en secciones ya determinadas, esto igual se hará de manera manual, con el fin de determinar velocidades de recorrido y de punto.

Se adoptaron distancias de 25 metros, que fueron proyectadas en campo con la ayuda de cinta métrica.

Una vez obtenidos los volúmenes de tráfico se proceden a calcular las capacidades y niveles de servicio para analizar su relación con el congestionamiento existente, posterior a ello también plantear posibles soluciones en lo respectivo a señalización y semaforización.

1.7.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.7.3.1. Estadística descriptiva

Esta aplicación proporciona una serie de datos que tendrán que ser analizados posteriormente, por lo tanto, realizaremos un análisis descriptivo ya que tendremos un conjunto de datos que serán analizados.

Contaremos con un conjunto de datos N (datos que representan a la población, que en este caso es la organización del tráfico vehicular en la zona del Mercado Abasto), y otro conjunto de datos n (datos que representan la muestra), que serán las 30 intersecciones ya definidas.

Se realizarán medidas de depuración, las cuales nos indicarán los datos que se alteraron o por alguna razón salieron de rango, a partir de las cuales encontraremos la media, la varianza y la desviación estándar.

Medidas tendencia central

Media

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Desviación estándar

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto, se ecuación sería:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Rango

Es el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, por ello comparte unidades con los datos. Permite tener una idea de la dispersión de datos al momento de realización de la depuración de los valores que se encuentran fuera de rango.

1.8. Descripción de los medios e instrumentos

Para obtener las mediciones en campo serán necesarios el uso de los siguientes instrumentos:

Cinta métrica

Se utilizará una cinta métrica tipo wincha de un largo de 30 metros, similar a la que se muestra en la siguiente imagen:

Figura 2 *Cinta métrica*



Fuente: Elaboración propia.

Cronómetro

Se utilizará un cronómetro digital que viene incorporado en los teléfonos celulares Android de última generación.

Figura 3 *Cronometro*



Fuente: Elaboración propia.

Planillas de aforo

Se utilizarán planillas de aforo vehicular con las diferentes clasificaciones de tipos de vehículos para agilizar el proceso de anotación al momento del conteo manual, tal cual se muestra en la siguiente imagen:

Tabla 1 Planilla de Aforo

		MARTES		
DIÁ PICO	MARTES	ACCESO 1		
HORA PICO	7:00-8:00			
SENTIDO DE CIRCULACIÓN		VEHÍCULOS		
		LIVIANO	MEDIANO	PESADO
	FRENTE			
PÚBLICO	GIRO DER			
	GIRO IZQ			
	FRENTE			
PRIVADO	GIRO DER			
	GIR IZQ			

Fuente: Elaboración propia.

2. ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1. Definición

La ingeniería de tráfico es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte (Cal, 2011, p. 31).

Transporte o transportación: "acción y efecto de transportar o transportarse" (Cal, 2011, p. 31).

2.1.2. Evolución del transporte

El transporte en general ya sea de pasajeros o cargas ha tenido una evolución que data de hace muchos años aproximadamente 100.000 años hacen aparición durante los primeros siglos vehículos de tracción animal que sirven para transportar pasajeros y carga de un lugar a otro. En el siglo X y XI se registra un incremento importante en la población, el comercio y el transporte, surgiendo muchos centros mercantiles que obligan a crear nuevas vías de transporte y a mejorar las condiciones de los vehículos.

La aparición del vehículo se hace en el siglo XV y XVI en algunos caminos ya construidos con mejores condiciones vehículos mejorados como las diligencias, pero aun con tracción animal.

En las últimas décadas del siglo XIX se ve la aparición del automóvil con motor a gasolina y renace el seso de conservar en buen estado los caminos existentes lo que no hace ver que el vehículo actual que conocemos prácticamente forma del siglo XX, pero a partir de la atención ha tenido una evolución muy importante dando lugar a los vehículos de alta tecnología cuya potencia y velocidad se han incrementado hasta llegar a los vehículos actuales.

Si hacemos una comparación entre los caminos que se tienen desde la aparición del hombre hace 100.000 años se conoció la agricultura desde hace 6000 años se estableció los primeros centros de civilización solo hace 100 años de la aparición del vehículo a combustión nos demuestra que en realidad el automóvil es un elemento nuevo frente a los caminos y al hombre (Orgaz, 2020, p. 1).

2.1.3 Elementos de la ingeniería de tráfico

Los elementos fundamentales son tres, son el usuario, el vehículo y el camino. A continuación, se detallará cada uno de estos componentes:

2.1.3.1 El usuario

Consideramos elemento usuario a los peatones y conductores ambos dentro del problema de tráfico están regidos como usuarios.

2.1.3.2. El conductor

El conductor es el elemento más importante en el sistema de tránsito, ya que el movimiento y la calidad de circulación vehicular dependen en gran medida de su capacidad para adaptarse a las condiciones de la carretera y. El estudio de los conductores necesario conocer el comportamiento, tanto físicos como psíquicos. Entre estos factores se incluyen su estado de salud general, su estado emocional. Además, es fundamental considerar aspectos sensoriales como la vista y el oído, ya que son cruciales para la percepción del entorno y la toma de decisiones en tiempo real.

2.1.4. El peatón

Uno de los otros elementos fundamentales del tráfico es el usuario peatón que está relacionado directamente con el problema de circulación, el peatón en la práctica es un usuario mucho más indisciplinado que el conductor, siendo uno de los que más incumple con las reglamentaciones y normas de tránsito, normalmente es el usuario que deja su seguridad

física al conductor y no vela por sí mismo de su seguridad a partir de su forma de comportamiento.

Cuanto mayor es la población, mayor incidencia tiene el elemento peatón en el problema de tráfico siendo importante definir en la etapa de análisis cuales son los puntos críticos relacionados con el usuario peatón y cual la magnitud de los problemas existentes.

De acuerdo con estudios realizados se ha visto una gran necesidad de incidir en la educación vial orientada al mejor comportamiento y al conocimiento de las normas y reglamentaciones vigentes para a través de ellos, minorar los accidentes donde la causa sean los peatones (Orgaz, 2020, pp. 6-7).

2.1.5. Vehículo

El vehículo, como elemento fundamental en el sistema de tráfico, es necesario conocerlo. Desde sus inicios, el vehículo ha experimentado una constante evolución en cuanto a sus características físicas, como el ancho y el largo. Sin embargo, la tendencia actual es de estandarizar estas dimensiones a nivel global, con un enfoque en la reducción de tamaño y el incremento de la potencia y velocidad (Orgaz, 2020, pp. 7-8).

2.1.5.1. Clasificación de vehículos

LIGEROS (automóviles, camionetas, minibuses)

Tabla 2 Dimensiones de vehículos ligeros

<i>Dimensión</i>	<i>Máxima (mts)</i>	<i>Mínima (mts)</i>
<i>Ancho</i>	2.06	1.14
<i>Largo</i>	6.0	4.56
<i>Alto</i>	1.75	1.25

Fuente: Texto de Ingeniería Civil

MEDIANOS (autobuses comerciales, camiones medianos)

Tabla 3 Dimensiones de vehículos medianos

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Ancho</i>	1.88	2.44
<i>Largo</i>	5.75	11.0
<i>Alto</i>	1.75	3.81

Fuente: Texto de Ingeniería Civil

PESADOS (camiones de mayores dimensiones, autobús comercial, tractores y otros)

Tabla 4 Dimensiones de vehículos pesados

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Ancho</i>	2.44	2.44
<i>Largo</i>	7.15	12.25
<i>Alto</i>	2.44	2.90

Fuente: Texto de Ingeniería Civil

2.1.6. Vehículos ligeros

Los vehículos ligeros pueden ser utilizados en:

- Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.
- Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.
- Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sean ocasional.

2.1.7. Vehículos pesados

Los vehículos pesados pueden ser utilizados en:

- Terminales de pasajeros y de cargas.

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

Autobús o autocar: Automóvil que tenga más de 9 plazas, incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes. Se incluye en este término el trolebús, es decir, el vehículo conectado a una línea eléctrica y que no circula por raíles.

Autobús o autocar articulado: Autobús o autocar compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada, en el que los compartimentos para viajeros de cada una de ambas partes rígidas se comunican entre sí.

Tracto camión: Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque. Será vehículo pesado cuando su capacidad de arrastre sea superior a 3,5 toneladas.

Remolque: Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor. Si bien podría entenderse que será vehículo pesado cuando su M.M.A. supere los 3.500 kilogramos, este criterio no está recogido en la legislación vigente.

Tabla 5 Clasificación de vehículos

<u>Servicio</u>	<u>Públicos</u>	<u>Privados</u>
<u>Liviano</u>	<u>automóvil (taxi)</u>	<u>automóvil</u>
		<u>jeep</u>
		<u>vagoneta</u>
		<u>camioneta</u>
<u>Medianos</u>	<u>microbús</u>	<u>camiones</u>
		<u>furgones</u>
<u>Pesados</u>	<u>ómnibus</u>	<u>volqueta</u>
		<u>tráiler</u>
		<u>tractor</u>

Fuente: *Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004*

2.1.8. Dimensiones y pesos

La anchura de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras el tamaño y el peso de un coche son siempre mucho menores que los de un autobús o un camión y, por tanto, no influyen en aquellas vías

destinadas a ser utilizadas por toda clase de vehículos. Sin embargo, en vías exclusivamente destinadas a coches como las que pueden ser de acceso, salida o interiores de muchos estacionamientos públicos y privados, es posible admitir características resistentes o geométricas restringidas y limitadas sólo al paso de estos vehículos.

Tabla 6 Dimensiones y capacidades de vehículos

Tipo de vehículo	Longitud (m)	Ancho (m)	Capacidad
Liviano público (automovíl)	3,90-4,15	1,45-1,65	4-5 personas
Liviano privado (automovíl, jeep camioneta, vagoneta, minibús)	4,00-5,50	1,60-2,20	2-9 personas ≤ 2 toneladas
Mediano público (microbús)	7,00-7,50	2,20-2,30	17-21 personas
Mediano público (camiiones medianos, furgones)	7,00-7,50	2,20-2,30	2-3,68 toneladas
Pesado publico (flotas)	12,5-13,00	2,50-2,60	50-55 pasajeros
Pesado público (volqueta, camión toyota)	7,00-8,50	2,20-2,40	4-6,44 toneladas

Fuente: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.1.9. Partes integrantes de una vía

2.1.9.1. Plataforma

El principal elemento de cualquier vía es el conocido como plataforma. Realmente es el más sencillo, ya que se trata de toda la superficie que se encuentre pavimentada. Al conjunto de la calzada y bermas se le suele denominar plataforma (Radelat, 1996, p. 23).

2.1.9.2. Calzada

La calzada es la parte del camino por donde circulan los vehículos y corresponde al área que ocupa el pavimento cuando existe (Radelat, 1996, p. 23).

2.1.9.3. Carril

El carril es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. A ambos lados de la superficie de rodamiento están los acotamientos, que son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente se pueden utilizar como estacionamiento provisional para alojar vehículos en casos de emergencia (Cal, 2011, p. 112).

2.1.9.4. Berma

Bermas son las porciones contiguas a la calzada para parar o estacionar vehículos, en casos de necesidad urgente, proporcionar una franja para el paso de peatones y bestias, y servir de soporte lateral a la calzada (Radelat, 1996, p. 23).

El siguiente elemento de la vía es **berma**. Ésta no es una zona por la que se permite circular (salvo en contadas excepciones); está más allá de los límites de la calzada (la zona habilitada para ello).

figura 4 Vías de pavimento



Fuente: <https://es.slideshare.net/roooooottt/vas-pavimentos>.

2.2 Parámetros fundamental de tráfico

Los parámetros fundamentales del tráfico son aquéllos que se presentan en el problema del tráfico, necesariamente por lo que son necesarios estudiar y saber su comportamiento a nivel de vías urbanas o carreteras.

Los parámetros considerados fundamentales son:

Volumen de tráfico

Velocidad de circulación

Densidad de tráfico

2.2.1 Volúmenes de tráfico

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una vía o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de transito diario y transito horario respectivamente. La unidad del volumen es expresada en (veh/hr) (Orgaz, 2020, p. 12).

- Tráfico Promedio Diario (T.P.D.)
- Tráfico Promedio Horario (T.P.H.)

2.2.1.1. Volumen de tráfico promedio diario (TPD)

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el TPD anual (TPDA) (Orgaz, 2020, p. 12).

2.2.1.2. Volumen de tráfico promedio horario (TPH)

Es la cantidad de vehículos que son registrados en una sección longitudinal de una calle o vía en el periodo de tiempo de una hora. Este valor es mucho más representativo y significativo para el estudio de tráfico ya que nos muestra las variaciones horarias; Pudiendo obtenerse las horas pico o críticas (Orgaz, 2020, p. 12).

2.2.2 Composición del volumen de tráfico

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en período de tiempos definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículos que circulen en ese período de tiempos.

Una composición casi del tipo universal es la que subdivide en automóviles, camiones, autobuses, motocicletas y bicicletas, entendiéndose por automóviles a todos aquellos que generalmente están compuestos por dos ejes y cuatro ruedas como los autos, jeep y camionetas pequeñas.

En el tipo de camiones se tendrá los pequeños, medianos y grandes, diferenciándose por la capacidad de carga que tiene este tipo de vehículos. Generalmente los autobuses representados por livianos y pesados diferenciándose por la capacidad de pasajeros que puedan transportar este tipo de vehículos (Orgaz, 2020, p. 13).

2.2.3 Obtención de volúmenes de tráfico

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, o entran a una intersección. Dichos aforos son muestras de los volúmenes actuales.

El periodo de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos y una semana o más.

2.2.4 Variación de los volúmenes de tráfico

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

2.2.4.1. Variaciones horarias

El volumen de tráfico es diferente a lo largo de las horas del día pudiendo existir horas de máximo flujo, horas de flujo medio, etc.

Los resúmenes diarios siempre deben incluir valores horarios y, si están disponibles, valores de un cuarto de hora. Estos últimos se utilizan para determinar las horas pico y los factores de las horas pico. Estos deben calcularse tanto a nivel de dirección como de calzada y, al menos para las áreas urbanas, deben incluir los picos de la mañana y de la tarde (AASHTO, 2009, capítulo 5, p. 5-5).

Los fines de semana, las rutas urbanas muestran un pico menos intenso y más disperso, que se presenta entre las primeras y las primeras horas de la tarde. Las rutas recreativas también tienen picos diarios únicos. Los picos de los sábados en dichas rutas tienden a ocurrir a última hora de la mañana o a primera hora de la tarde (cuando los viajeros se dirigen a su destino recreativo) y a última hora de la tarde o a primera hora de la noche los domingos (cuando regresan a casa). La repetibilidad de las variaciones horarias es de gran importancia. La estabilidad de la demanda en horas pico afecta la viabilidad de utilizar dichos valores en el diseño y el análisis operativo de las carreteras y otras instalaciones de transporte (TRB, 2000, capítulo 8, pp. 8-4–8-6).

Los análisis de capacidad y otros análisis de tráfico se centran en las horas punta, ya que representan el período más crítico para las operaciones y tienen los mayores requisitos de capacidad. Sin embargo, el volumen en las horas punta no es un valor constante de un día para otro o de una temporada para otra. Si se enumeraran en orden descendente los volúmenes horarios más altos para una ubicación determinada, se observaría una gran variación en los datos, dependiendo del tipo de instalación. Las rutas rurales y recreativas suelen mostrar una amplia variación en los volúmenes en horas punta. Se producen varios volúmenes extremadamente altos en unos pocos fines de semana seleccionados o en otros períodos pico,

y el tráfico durante el resto del año es mucho menor, incluso durante las horas pico. Las calles urbanas, por otro lado, muestran menos variación en el tráfico en horas punta. La mayoría de los usuarios son viajeros diarios o usuarios frecuentes, y el tráfico ocasional y por eventos especiales es mínimo. Además, muchas rutas urbanas se llenan al máximo durante cada hora pico, por lo que la variación se ve severamente restringida (TRB, 2000, capítulo 8, pp. 8-6–8-7).

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, etc. En zonas agrícolas las variaciones horarias dentro de la época de cosecha son extraordinarias; puede ser que en ciertas horas de la noche no haya absolutamente ningún vehículo y, sin embargo, a determinadas horas del día hay tal cantidad de vehículos que pueden llegar a saturar, por ejemplo, una carretera de dos carriles. En el caso de una carretera de tipo turístico, durante los días entre semana existe un tránsito más o menos normal a lo largo de todas las horas, pero los sábados y domingos puede llegar a volúmenes supremamente altos, encontrándose varias horas del día con demandas máximas. El sábado, de las 8 de la mañana a las 11 ó 12 el volumen horario es muy grande, en la tarde baja y ya en la noche es bastante pequeño. El domingo, en la mañana presenta volúmenes horarios medianos, y en la tarde máximos en las horas del regreso a la ciudad, ocurriendo largas filas de automóviles. Son variaciones horarias que ocurren en cualquier parte del mundo, que se pueden prever mediante los estudios necesarios. En las ciudades se tiene una variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, el cual se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas entre las 7:30 y las 9:30 horas. De las 9:30 a las 13:00 horas vuelve a bajar y empieza a ascender para llegar a otro máximo entre las 14:00 y las 15:00 horas. Vuelve de nuevo a disminuir entre las 14:00 y las 18:00 horas, en que asciende otra vez para alcanzar un tercer valor máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada (Cal, 2011, p. 183).

En medio urbano y rural próximo al urbano, la demanda de tránsito alcanza sus valores máximos diarios regularmente durante periodos de tiempo que llamamos horas o periodos pico. Esos periodos se caracterizan, no solamente porque los volúmenes sean

máximos, sino también porque la actitud de los usuarios de las vías en ellas es distinta a la del resto del día. En esas horas hay mucho más dinamismo: los conductores tratan de conducir a mayor velocidad y en forma más temeraria, los peatones andan más de prisa, los pasajeros de los autobuses corren para alcanzarlos y se suben y se bajan de ellos con mayor premura. En cambio, en el resto del día, durante lo que llamamos horas valle, todo es más lento y apacible (Radelat, 1996, capítulo 2, p. 2-28).

2.2.4.2. Variaciones diarias

A lo largo de los días de la semana el volumen de tráfico es diferente generalmente presentándose estas diferencias entre los días hábiles de trabajo y los días no hábiles y feriados que existen. Esta variación diaria permitirá establecer una metodología más adecuada del control de la circulación en los días de máximo volumen (Orgaz, 2020, p. 13).

Se pueden identificar algunos patrones generales y utilizarlos en la capacitación de analistas y en ediciones electrónicas preliminares. Los recuentos de los días laborables, con excepción del lunes desde la medianoche hasta las 6:00 a. m. y el viernes desde el mediodía hasta la medianoche, pueden estar dentro de un rango de volumen estrecho. El rango puede ser mayor en instalaciones de volumen relativamente bajo o en instalaciones recreativas que exhiben diferentes características de picos de tráfico. Los recuentos de los fines de semana normalmente son más variables que los de los días laborables (AASHTO, 2009, capítulo 4, p. 4-22).

Las variaciones de volumen por día de la semana también están relacionadas con el tipo de autopista en el que se realizan las observaciones. El gráfico 8-4 del HCM muestra que los volúmenes de los fines de semana son inferiores a los de los días laborables en las autopistas que sirven principalmente a viajes de negocios, como las autopistas urbanas. En comparación, el tráfico pico se produce los fines de semana en las principales autopistas rurales y recreativas. Además, la magnitud de la variación diaria es mayor en las rutas de acceso recreativo y menor en las rutas de cercanías urbanas. El gráfico 8-5 del HCM muestra la variación del tráfico por tipo de vehículo en el carril de la banquina de una autopista urbana. Aunque los valores que se muestran en los gráficos 8-4 y 8-5 son patrones típicos que pueden observarse, no pretenden sustituir los estudios y análisis locales. El tráfico diario promedio

promediado a lo largo de un año completo se denomina tráfico diario promedio anual o AADT, y se utiliza a menudo en la previsión y la planificación (TRB, 2000, capítulo 8, p. 8-4).

Se han estudiado cuáles son los días de la semana que llevan los volúmenes normales de tránsito. Así para carreteras principales de lunes a viernes los volúmenes son muy estables; los máximos, generalmente se registran durante el fin de semana ya sea el sábado o el domingo, debido a que durante estos días por estas carreteras circula una alta demanda de usuarios de tipo turístico y recreacional. En carreteras secundarias de tipo agrícola, los máximos volúmenes se presentan entre semana. En las calles de la ciudad, la variación de los volúmenes de tránsito diario no es muy pronunciada entre semana, esto es, están más o menos distribuidos en los días laborales; sin embargo, los más altos volúmenes ocurren el viernes. También vale la pena mencionar, con referencia a la variación diaria de los volúmenes de tránsito tanto a nivel urbano como rural, que se presentan máximos en aquellos días de eventos especiales como Semana Santa, Navidad, fin de año, competencias deportivas nacionales e internacionales (Cal, 2011, pp. 183-184).

En una vía, el volumen de tránsito también cambia con el día de la semana, pero la variación es distinta según el medio donde se encuentre la vía. En vías urbanas hay fluctuaciones muy pequeñas de martes a jueves, el tránsito es distinto los lunes por la mañana y los viernes por la tarde, pero las alteraciones mayores corresponden a los sábados y domingos. Esas variaciones se reflejan en vías rurales próximas a las ciudades, pero en vías rurales turísticas los volúmenes aumentan mucho los sábados y domingos. Además, hay diferencias semanales en la "población" de conductores. En días laborables y especialmente en los periodos pico predominan los conductores experimentados, mientras que en fines de semana y días de fiesta salen de paseo muchos conductores que no manejan durante los otros días. Esos son los llamados "domingueros", cuya inexperiencia hace que el tránsito sea más irregular e imprevisible en esos días (Radelat, 1996, capítulo 2, p. 2-29).

2.2.4.3. Variación semanal

A lo largo de las semanas esta generalmente con respecto a las estaciones del año puede existir una leve variación entre los volúmenes de tráfico, aunque no es de mucha frecuencia.

Hay meses que las calles y carreteras llevan mayores volúmenes que otros, presentando variaciones notables. Los más altos volúmenes de tránsito se registran en Semana Santa, en las vacaciones escolares y a fin de año por las fiestas y vacaciones navideñas del mes de diciembre. Por esta razón los volúmenes de tránsito promedio diarios que caracterizan cada mes son diferentes, dependiendo también, en cierta manera, de la categoría y del tipo de servicio que presten las calles y carreteras. Sin embargo, el patrón de variación de cualquier vialidad no cambia grandemente de año a año, a menos que ocurran cambios importantes en su diseño, en los usos de la tierra, o se construyan nuevas calles o carreteras que funcionen como alternas (Cal, 2011, pp. 185-187).

En este estudio se elige un periodo de cuatro semanas para poder captar mejor las fluctuaciones semanales y asegurar que los datos reflejen tanto las condiciones regulares como los patrones estacionales o eventos únicos.

2.2.5 Métodos de aforo

2.2.5.1. Recuento manual

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

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

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico (Orgaz, 2020, p. 14 - 15).

Figura 5 *Recuento manual*



Fuente: <https://docplayer.es/87542908-Manual-para-obtener-los-volumenes-de-transito-en-carreteras.html>

2.2.5.2. Recuento periódico

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año (Orgaz, 2020, p. 15).

2.2.5.3. Registro de campo

Para realizar el trabajo de recuento de volúmenes se debe tener establecido antes de empezar con el trabajo que tipo de registro de campo se va a utilizar.

Normalmente se tienen las hojas de campo y los esquemas de volúmenes.

2.2.5.4 Flujo direccional

Se entiende por flujo direccional aquel recorrido o trayectoria que esta demarcada en función de los volúmenes de tráfico que marcan la preferencia direccional dentro del conjunto de rutas de un trazo urbano.

Estos flujos direccionales adquieren mayor importancia porque para el análisis, toma de decisiones de los problemas de tráfico precisamente serán estos flujos direccionales los que se estudien con más detalle a los que se trata de resolver o mejorar en función de todos los elementos de tráfico.

2.3. 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 (km/h). Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$V = D/T$$

Donde:

V = Velocidad (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de circulación (h)

Esta velocidad está bajo control del conductor, porque este es quien determina la distancia

y también el tiempo en que se tarda en recorrer dicha distancia. El conductor puede ahorrar tiempo o puede desperdiciarlo.

2.3.1 Tipos de velocidad

2.3.1.1. Velocidad de punto

Se denomina velocidad de punto a aquella velocidad de los vehículos que recorren distancias relativamente pequeñas (25, 50, 70, 100 metros).

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Se presentan dificultades prácticas para la medición de la velocidad de punto ya que la misma por definición se presenta en un tramo de recorrido bastante corto, en la actualidad existen dispositivos de medición de tipo electrónicos y electromecánicos que facilitan su medición, como ser: tubos neumáticos transversales, radares Doppler, enescopios.

Viene dada por la siguiente expresión:

Donde:

$$V = D/T$$

V_p = Velocidad de punto (Km/h)

D = Distancia de recorrido (Km)

T = Tiempo de circulación (h)

Para fines de estudio la distancia fija se debe elegir entre 25, 50, 75, 100 m.

2.3.1.2 Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la

fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

A diferencia de la velocidad de punto la velocidad de recorrido total establece una distancia mucho mayor que en carreteras generalmente se toma la distancia entre accesos y las zonas urbanas la distancia de recorrido total generalmente es aquella que nos define los flujos direccionales.

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, etc.

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

$$vR = dR / (tc + td)$$

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

tc = tiempo de circulación (hr)

td = tiempo de demoras (hr)

dr = distancia de recorrido (km.)

2.2.1.3 Velocidad de crucero

Para un vehículo esta velocidad es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo de circulación. Para la obtención de esta velocidad no se realiza un aforo, desde el punto de vista conceptual la velocidad de crucero en condiciones ideales sería igual a la velocidad de punto; sin embargo, como no se trata de un flujo libre y está afectado por una serie de factores es que es una velocidad menor que la velocidad de punto, y de modo contrario esta velocidad sería mayor a la velocidad de recorrido.

La velocidad de crucero viene expresada de la siguiente manera

$$V_c = dr/tc$$

Donde:

V_c = Velocidad de crucero (km/h)

dr = Distancia de recorrido (km)

t_c = Tiempo de circulación (h)

2.2.1.4 Velocidad directriz o de diseño

Llamada también velocidad de marcha que resulta de dividir la distancia que recorre el vehículo entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Ese tiempo de marcha es un periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento y no así ese tiempo que se tiene debido a las paradas o esperas a causa de la existencia de semáforos.

Al realizar estudios de velocidad de crucero nos determinan la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta.

2.2.2 Densidad de tráfico

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

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

Está claro que cualquier tramo de vía tiene una densidad máxima, esta situación se da cuando los vehículos están totalmente parados y sin espacios de separación entre ellos;

por lo tanto, si se tuviera en el tramo vehículos de una misma longitud entonces la densidad o concentración máxima se obtendría como el inverso de la longitud del vehículo.

$$Densidad = \frac{Volumen \left(\frac{veh}{h}\right)}{Velocidad \left(\frac{km}{h}\right)}$$

2.3 Capacidad vehicular

Se define a la capacidad vehicular como la cantidad de vehículos que circule por una vía en un tiempo determinado con características de circulación a partir de los niveles de servicio entendiéndose por estos a condiciones cualitativas en la circulación vehicular de una calle o vías. La Presencia de paradas de vehículos de transporte público. Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino. En función del nivel de servicio estará el

número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir un camino (Orgaz, 2020, p. 21).

2.3.1 Análisis de capacidad

La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren, fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas) y de los factores de tráfico (factores de reducción), como son los de giros (izquierda, derecha), estacionamiento, vehículos pesados y de paradas antes o después de la intersección, que influirán sobre la capacidad real del tráfico.

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:

- Vías Ininterrumpidas
- Vías Interrumpidas

2.3.2 Capacidad para vías ininterrumpidas

En este grupo están todas las carreteras y autopistas rurales o urbanas. 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 multicarril y las carreteras de dos carriles.

2.3.3 Vías interrumpidas

Se consideran vías interrumpidas aquellas que llevan con frecuencia elementos de interrupción a la circulación del tráfico como vienen a ser las intersecciones en un trazado urbano por lo que su aplicación está más dirigida al área urbana.

Los factores que se pueden considerar como elementos de interrupción del tráfico son:

- Semáforos en intersecciones.
- Agentes de tránsito en intersecciones.
- Cruces de peatones.
- Detención de vehículos.
- Presencia de paradas de vehículos de transporte público.

Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que, puede admitir un camino y se le conoce como el Volumen de Servicio. Este volumen va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel “E”, o Capacidad del camino. Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo, con nivel “F”, pero no aumenta el volumen de servicio, sino que disminuye.

2.3.4 Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM 2000

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

- Determinación de la capacidad teórica.
- Determinación de la capacidad práctica.
- Determinación de la capacidad real.

2.3.4.1 Capacidad teórica

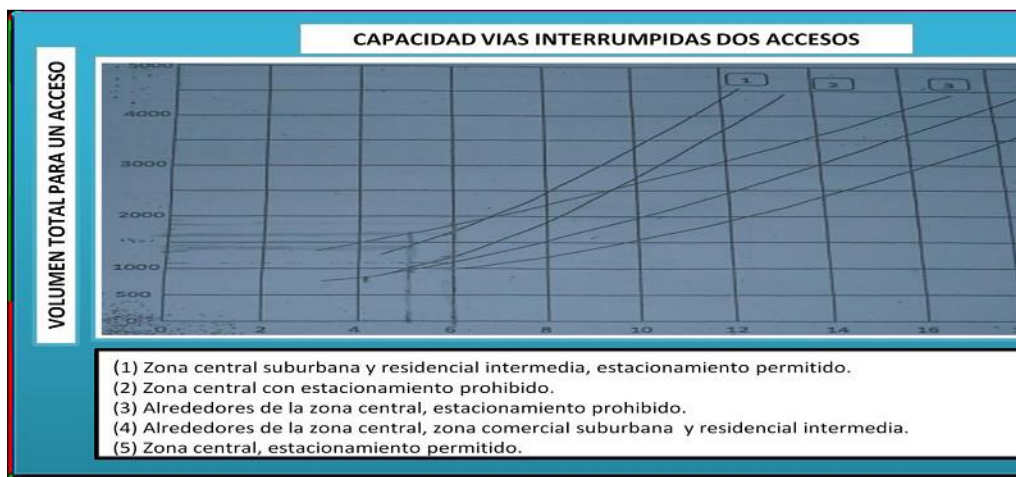
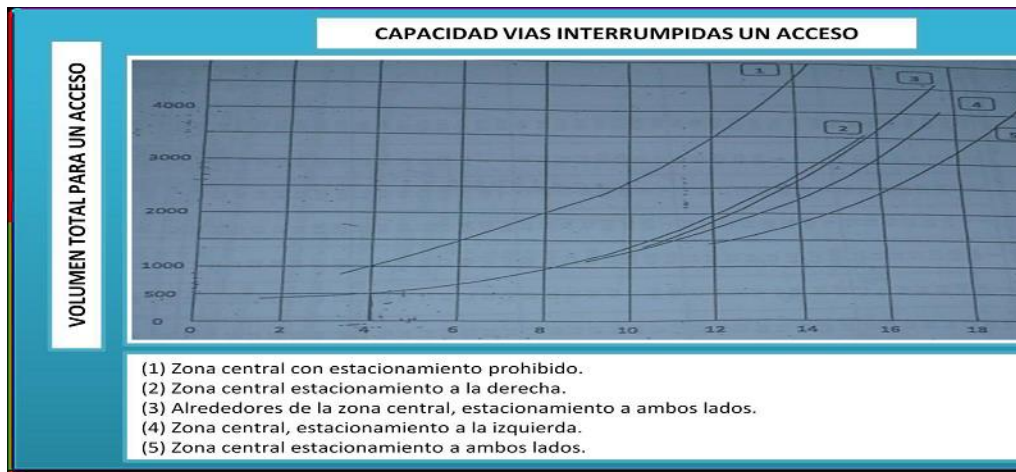
Se ha establecido a partir de varios estudios que se han desarrollado en varios tipos de intersecciones tomando en cuenta dos factores esenciales: el ancho del acceso y las características funcionales.

Ancho de acceso

Sirve para determinar cuánto de capacidad puede tener un acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica. Tomando este factor 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.

Con el siguiente Ábaco se puede determinar la capacidad teórica.

Tabla 7 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Manual de carreteras SIECA 2ª Edición marzo 2004

2.3.5 Capacidad práctica

En la práctica las condiciones de trazo urbano no nos dan las condiciones geométricas y condiciones de circulación ideales para medir como la capacidad teórica básica máxima sino más bien las condiciones son variables y se debe encontrar un valor de capacidad real de acuerdo a condiciones físicas y condiciones actuales, para ello el manual de capacidad de acuerdo a varios estudios de investigación han determinado dos gráficas o ábacos que nos sirven para determinar una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y ómnibus es y el 20% del volumen realiza movimientos de giros a la izquierda o a la derecha.

Para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0.9, a la capacidad teórica.

$$C. \textit{práctica} = C. \textit{teórica} * 0.9$$

2.3.6 Capacidad real

La condición particular 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.

2.3.6.1 Factores de reducción

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y éstos son: Giros, (izquierda, derecha). Estacionamiento. Vehículos Pesados. Paradas antes y después de la intersección. 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% del 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 restar el 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamiento

Estacionamientos permitidos restar 1,80 m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recálculo de la capacidad teórica.

Por vehículos pesados

Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibus y camiones que pasen del 10% de número total.

Por lo tanto, la capacidad real será el producto de la capacidad práctica multiplicada por los factores de reducción.

$$C_{real} = C_{prac} * f_{vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_p$$

Donde:

f_{vp} = Factor de vehículos pesados

f_{GI} = Factor por giro izquierdo

f_{GD} = Factor por giro derecho

F_p = Factor por paradas

2.4 Niveles de servicio

Los niveles de servicio son una medida cualitativa de las condiciones de circulación, estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

A cada nivel de servicio corresponde un volumen de servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se

conserve dicho nivel, se ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F. los niveles de servicio son:

2.4.1 Nivel de servicio A

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

Figura 6 *Nivel de servicio A*



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.2 Nivel de servicio B

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

Figura 7 Nivel de servicio B



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.3 Nivel de servicio C

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

Figura 8 Nivel de servicio C



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.4 Nivel de servicio D

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

Figura 9 Nivel de servicio D



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.5 Nivel de servicio E

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

Figura 10 Nivel de servicio E



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.6 Nivel de servicio F

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

Figura 11 Nivel de servicio F



Fuente: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>:

2.4.7 Determinación de la capacidad y nivel de servicio

Para determinar el nivel de servicio, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección, para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección, esta relación es el volumen sobre la capacidad (V/C), valor con el que se ingresa a la tabla para calcular el nivel de servicio.

Tabla 8 Abaco nivel de servicio

V/C	Nivel de servicio
> 0,1	A
> 0,3	B
> 0,5	C
> 0,7	D
> 0,9	E
> 1	F

Fuente: *Materia Ingeniería de Tráfico – CIV 611*

2.5 Señalización

Definimos a la señalización como un componente metodológico dentro de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es que a través de las señales se mejore la circulación vehicular y peatonal en un trazo urbano o en vías (Orgaz, 2020, p. 28).

Dentro de la señalización se tienen 2 grupos importantes que son:

a).- Señalización horizontal

b).- Señalización vertical

2.5.1 Señalización horizontal

Se entiende por señalización horizontal al conjunto de marcas sobre el pavimento que tienen el objetivo de mejorar la circulación de vehicular y peatonal pudiendo ser de tipo restrictivo, preventivo e indicativo.

2.5.1.1. Señales horizontales preventivas y color

aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo con la marca podrá utilizar líneas amarillas o blancas. Las marcas de tipo restrictivos van a tener el objetivo de que sean pintadas sobre el pavimento no puedan ser utilizadas por la circulación vehicular restringiéndose tanto su circulación y las marcas de tipo indicativos tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco maniobras.

2.5.2 Señalización vertical

Se define a la señalización vertical como el conjunto de señales que van distribuidas a lo largo de una carretera o vía dentro de un trazo urbano con el propósito de mejorar la circulación vehicular y peatonal estableciendo en función de las normas una forma de utilización de los espacios vehiculares y peatonales.

Debido a la gran variedad de las señales que podrán presentarse se ha hecho una clasificación en función de los objetivos de cada grupo de señales estableciéndose tres grupos de señales.

a). - Señales Preventivas

b). - Señales Restrictivas

c). - Señales Informativas

2.5.2.1. Señales preventivas

Las señales preventivas son aquellas cuyo objetivo es la de prevenir dentro de la circulación a obstáculos o peligros que puedan presentarse. Por ello se ha establecido un conjunto de señales que previenen algunas situaciones comunes dentro de la circulación de carreteras y calles como ser el estrechamiento de un camino la existencia de un puente angosto, la existencia de un badén la existencia de una zona esporádica la existencia de un camino sinuoso, etc.

2.5.2.2. Señales restrictivas

Se dividen en señales de advertencia y/o peligro, de restricción y prohibición e indican órdenes, limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Su cumplimiento es obligatorio e inexcusable. Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito y también para instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso, en el lugar en que estén ubicadas.

Existen dos formas para estas señales: circulares y triangulares (triángulo equilátero invertido). Sin embargo, hay algunas exclusivas, como la de "pare", cuya forma es un octágono regular de 75 cm entre sus lados paralelos, la señal de “ceda el paso” es un triángulo equilátero invertido de 80 cm de lado.



Figura 12 *Señales de advertencia*

Fuente: <https://luispolasek.com/senales-de-transito-en-bolivia-guia-completa-para-conductores>

Señales reglamentarias

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

2.5.2.3 Señales informativas

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

Color y retro reflectancia

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

Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en el manual de la ABC.



Figura 13 Formas y figuras de colores señales de advertencia

Fuente: <https://luispolasek.com/senales-de-transito-en-bolivia-guia-completa-para-conductores>

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

3.1 Determinación de las horas pico

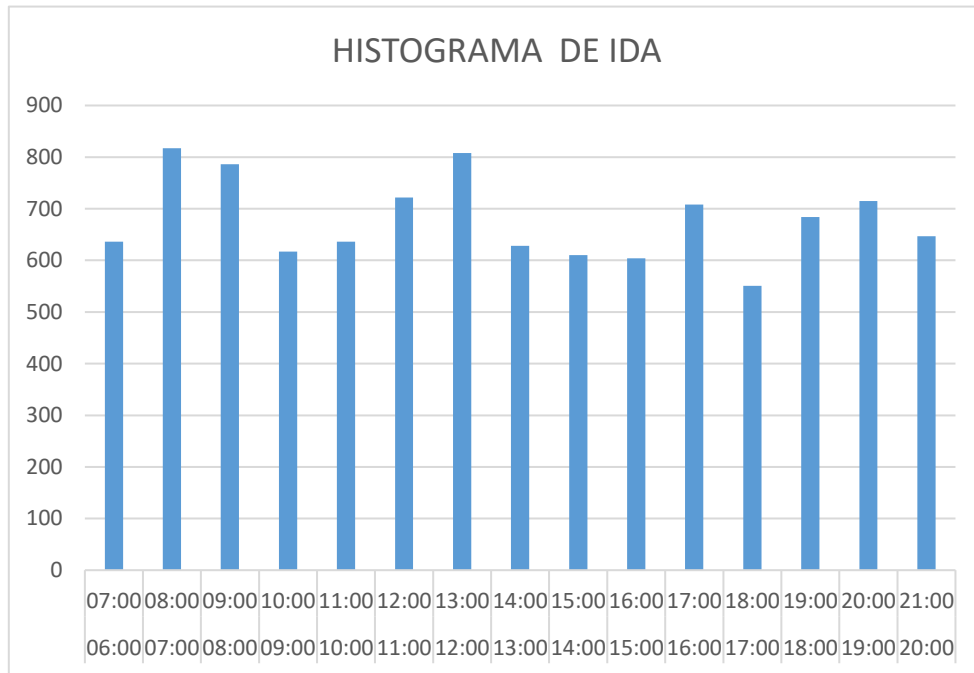
Para determinar los horarios pico primeramente se procede a medir los volúmenes de tráfico vehicular desde las 6:00 a 21:00, tal como se establece en nuestro alcance, con el objetivo de obtener un HISTOGRAMA que nos muestre cuales son los horarios de mayor flujo vehicular u horarios PICO. Para esto se realizó el aforo en la avenida Froilán Tejerina una sección antes de llegar a la intersección 1. Se realizó el aforo tanto de ida como de vuelta y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 9 Aforos horas pico

aforo de ida		
hora		volumenes
06:00	07:00	636
07:00	08:00	817
08:00	09:00	786
09:00	10:00	617
10:00	11:00	636
11:00	12:00	722
12:00	13:00	808
13:00	14:00	628
14:00	15:00	610
15:00	16:00	604
16:00	17:00	708
17:00	18:00	551
18:00	19:00	684
19:00	20:00	715
20:00	21:00	647

Fuente: elaboración propia.

Figura 14 Histograma de ida



Fuente: elaboración propia

Tabla 10 Aforos de horarios pico

Aforo de vuelta		
Hora		Vehiculos
06:00	07:00	407
07:00	08:00	685
08:00	09:00	642
09:00	10:00	622
10:00	11:00	633
11:00	12:00	625
12:00	13:00	740
13:00	14:00	618
14:00	15:00	561
15:00	16:00	505
16:00	17:00	562
17:00	18:00	613
18:00	19:00	632
19:00	20:00	782
20:00	21:00	682

Fuente: elaboración propia.

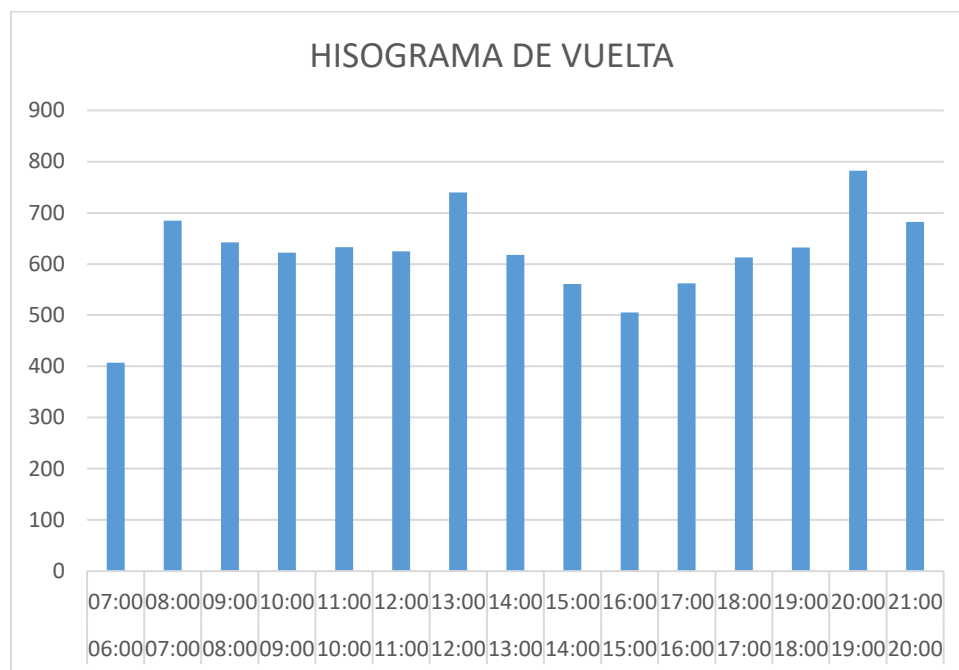


Figura 15 *Histograma de vuelta*
Fuente: elaboración propia

Analizando los 2 HISTOGRAMAS y debido a los valores de volúmenes obtenidos se determina que los horarios PICO se presentan de 07:00 a 08:00, de 12:00 a 13:00 y de 19:00 a 20:00. Tomando como días de aforo los MARTES, JUEVES Y SABADO. Se tomarán mediciones en un total de 30 intersecciones a lo largo de 4 semanas. Todos los datos de aforo están presentados en el ANEXO 1.

3.2 Volúmenes de tráfico por hora

Una vez realizados los aforos mediante la metodología establecida, se procede a obtener los promedios primeramente de los 3 horarios del día, luego se obtiene un promedio de los 3 días de la semana y finalmente un promedio de las 4 semanas. Con esto obtiene la siguiente tabla de VOLÚMENES DE TRÁFICO:

INTERSECCIÓN			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACCESO 1												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	268	263	263	265	72	243	76	55	261	258
		GIRO DER	86	100	85	49	44	0	0	52	97	95
		GIRO IZQ	132	0	0	0	0	12	0	58	0	0
	MEDIANO	FRENTE	42	45	55	54	20	38	0	0	74	50
		GIRO DER	10	3	5	1	7	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	3	5	7	0	3	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	83	157	160	125	67	107	66	0	176	173
		GIRO DER	31	87	80	33	43	0	62	51	82	78
		GIRO IZQ	32	0	0	0	0	9	19	54	0	0
	MEDIANO	FRENTE	44	51	53	29	19	22	0	0	61	57
		GIRO DER	19	13	5	7	8	0	0	0	15	13
		GIR IZQ	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	2	16	15	11	0	10	0	0	28	30
		GIRO DER	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			791	738	726	582	280	445	223	270	794	754
ACCESO 2												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	244	0	0	0	0	177	59	53	0	0
		GIRO DER	121	102	93	149	67	70	72	0	99	97
		GIRO IZQ	85	0	0	49	0	0	12	51	0	0
	MEDIANO	FRENTE	12	0	0	0	0	42	0	0	0	0
		GIRO DER	11	22	16	20	5	10	0	0	34	31
		GIR IZQ	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	3	0	0	0	0	8	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	123	0	0	0	0	99	63	51	0	0
		GIRO DER	26	108	83	78	75	44	65	52	110	107
		GIRO IZQ	31	0	0	39	0	0	63	49	0	0
	MEDIANO	FRENTE	75	0	0	0	0	40	0	16	0	0
		GIRO DER	21	21	14	18	4	11	0	17	36	34
		GIR IZQ	25	0	0	5	0	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	25	0	0	0	0	14	0	0	0	0
		GIRO DER	7	0	0	2	0	0	0	1	0	0
		GIR IZQ	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			832	253	206	365	151	515	334	290	279	269
ACCESO 3												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	191				177		0	65	53	
		GIRO DER	143				0		73	31	40	
		GIRO IZQ	115				40		68	70	48	
	MEDIANO	FRENTE	43				40		0	0	0	
		GIRO DER	7				0		0	0	0	
		GIR IZQ	6				8		0	0	0	
	PESADOS	FRENTE	4				9		0	0	0	
		GIRO DER	0				0		0	0	0	
		GIR IZQ	0				0		0	0	0	
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	66				98		0	61	53	
		GIRO DER	25				0		82	28	40	
		GIRO IZQ	27				35		77	65	49	
	MEDIANO	FRENTE	47				38		0	0	0	
		GIRO DER	15				0		5	0	0	
		GIR IZQ	32				13		8	0	0	
	PESADOS	FRENTE	8				13		0	0	0	
		GIRO DER	0				0		0	0	0	
		GIR IZQ	3				0		0	0	0	
VOLUMEN TOTAL			732			471		313	320	283		
ACCESO 4												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	154						74	52		
		GIRO DER	105						40	52		
		GIRO IZQ	133						63	50		
	MEDIANO	FRENTE	9						0	0		
		GIRO DER	4						0	0		
		GIR IZQ	8						0	0		
	PESADOS	FRENTE	9						0	0		
		GIRO DER	0						0	0		
		GIR IZQ	4						0	0		
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	101						72	51		
		GIRO DER	43						22	51		
		GIRO IZQ	25						25	54		
	MEDIANO	FRENTE	74						0	0		
		GIRO DER	15						0	0		
		GIR IZQ	14						0	0		
	PESADOS	FRENTE	27						0	0		
		GIRO DER	7						0	0		
		GIR IZQ	4						0	0		
VOLUMEN TOTAL			736					296	310			

INTERSECCIÓN			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACCESO 1												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	63	59	55	0	47	52	46	228	242	23
		GIRO DER	58	50	49	48	0	0	0	94	68	0
		GIRO IZQ	0	62	0	43	42	42	38	0	0	38
	MEDIANO	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	36	46	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	26	1	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	55	0	46	0	48	48	43	96	91	26
		GIRO DER	60	52	51	42	45	47	41	77	48	0
		GIRO IZQ	0	53	0	46	39	45	39	0	0	44
	MEDIANO	FRENTE	24	0	22	0	18	24	20	36	13	11
		GIRO DER	19	0	19	26	21	24	21	19	7	0
		GIR IZQ	0	0	0	21	0	0	0	0	0	10
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0
		GIRO DER	0	0	0	0	1	1	1	5	1	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			279	276	242	226	261	283	249	618	526	152
ACCESO 2												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	0	54	0	46	50	54	49	0	0	46
		GIRO DER	59	0	50	0	44	44	40	100	81	38
		GIRO IZQ	62	49	51	51	56	55	52	0	47	0
	MEDIANO	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	17	16	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	0	54	0	40	38	43	38	0	0	38
		GIRO DER	52	51	45	0	46	49	44	96	95	43
		GIRO IZQ	53	46	43	37	45	47	43	0	44	0
	MEDIANO	FRENTE	0	15	0	24	23	27	23	0	0	22
		GIRO DER	22	18	20	0	21	27	23	19	17	18
		GIR IZQ	27	0	25	26	18	22	17	0	11	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			276	288	235	225	341	368	329	232	317	205
ACCESO 3												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	57	52	48	40	46	49	45		228	0
		GIRO DER	0	18	0	40	22	22	13		0	50
		GIRO IZQ	52	57	43	0	42	44	36		93	33
	MEDIANO	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0		37	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0		28	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0		0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	58	56	49	47	47	48	43		97	0
		GIRO DER	0	21	0	42	22	24	12		0	39
		GIRO IZQ	57	52	48	0	42	45	38		76	28
	MEDIANO	FRENTE	16	0	16	18	9	18	11		37	0
		GIRO DER	0	0	0	15	8	16	10		0	25
		GIR IZQ	13	0	13	0	12	22	15		17	15
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0		7	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0		0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0		0	0
VOLUMEN TOTAL			253	256	217	202	250	288	223		620	190
ACCESO 4												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE		37			49	51	45			
		GIRO DER		41			22	24	22			
		GIRO IZQ		34			33	36	31			
	MEDIANO	FRENTE		0			0	0	0			
		GIRO DER		0			0	0	0			
		GIR IZQ		0			0	0	0			
	PESADOS	FRENTE		0			0	0	0			
		GIRO DER		0			0	0	0			
		GIR IZQ		0			0	0	0			
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE		34			44	49	44			
		GIRO DER		36			21	27	21			
		GIRO IZQ		35			29	31	25			
	MEDIANO	FRENTE		0			0	0	0			
		GIRO DER		0			0	0	0			
		GIR IZQ		0			0	0	0			
	PESADOS	FRENTE		0			0	0	0			
		GIRO DER		0			0	0	0			
		GIR IZQ		0			0	0	0			
VOLUMEN TOTAL				217			198	218	188			

INTERSECCIÓN			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ACCESO 1												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	42	35	65	130	132	48	0	0	271	273
		GIRO DER	34	26	44	19	23	39	52	47	106	113
		GIRO IZQ	0	26	0	0	0	0	47	29	0	0
	MEDIANO	FRENTE	0	0	15	34	33	0	0	0	52	56
		GIRO DER	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	30	36	55	90	89	41	0	0	183	182
		GIRO DER	42	28	46	19	19	46	47	36	92	91
		GIRO IZQ	0	26	0	0	0	0	49	32	0	0
	MEDIANO	FRENTE	25	13	16	29	29	35	0	0	63	67
		GIRO DER	19	12	19	8	11	31	34	29	20	23
		GIR IZQ	0	10	0	0	0	0	31	27	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	5	5	0	0	0	11	11
		GIRO DER	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			192	213	271	336	343	240	260	200	798	816
ACCESO 2												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	0	35	0	0	0	0	47	62	0	0
		GIRO DER	59	30	73	67	72	50	0	0	109	108
		GIRO IZQ	41	38	0	0	0	53	56	32	0	0
	MEDIANO	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	4	2	12	0	0	0	39	43
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	0	27	0	0	0	0	44	42	0	0
		GIRO DER	34	29	74	66	64	41	0	0	121	116
		GIRO IZQ	40	32	0	0	0	49	40	37	0	0
	MEDIANO	FRENTE	0	16	0	0	0	0	33	29	0	0
		GIRO DER	29	12	17	26	35	39	0	0	41	46
		GIR IZQ	24	9	0	0	0	35	37	32	0	0
	PESADOS	FRENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		GIRO DER	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
		GIR IZQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN TOTAL			228	228	168	161	183	268	258	235	310	313
ACCESO 3												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE	28	27				36	47	60		
		GIRO DER	0	25				0	44	36		
		GIRO IZQ	30	31				37	0	0		
	MEDIANO	FRENTE	0	0				0	0	0		
		GIRO DER	0	0				0	0	0		
		GIR IZQ	0	0				0	0	0		
	PESADOS	FRENTE	0	0				0	0	0		
		GIRO DER	0	0				0	0	0		
		GIR IZQ	0	0				0	0	0		
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE	38	27				45	58	52		
		GIRO DER	0	26				0	47	44		
		GIRO IZQ	38	27				41	0	0		
	MEDIANO	FRENTE	19	15				29	26	26		
		GIRO DER	0	11				0	24	23		
		GIR IZQ	9	4				18	0	0		
	PESADOS	FRENTE	0	0				0	0	0		
		GIRO DER	0	0				0	0	0		
		GIR IZQ	0	0				0	0	0		
VOLUMEN TOTAL			162	193				206	246	241		
ACCESO 4												
PUBLICO	LIVIANO	FRENTE		32								
		GIRO DER		24								
		GIRO IZQ		23								
	MEDIANO	FRENTE		0								
		GIRO DER		0								
		GIR IZQ		0								
	PESADOS	FRENTE		0								
		GIRO DER		0								
		GIR IZQ		0								
PRIVADO	LIVIANO	FRENTE		32								
		GIRO DER		26								
		GIRO IZQ		28								
	MEDIANO	FRENTE		24								
		GIRO DER		13								
		GIR IZQ		14								
	PESADOS	FRENTE		0								
		GIRO DER		0								
		GIR IZQ		0								
VOLUMEN TOTAL				216								

3.3 Volúmenes totales de tráfico

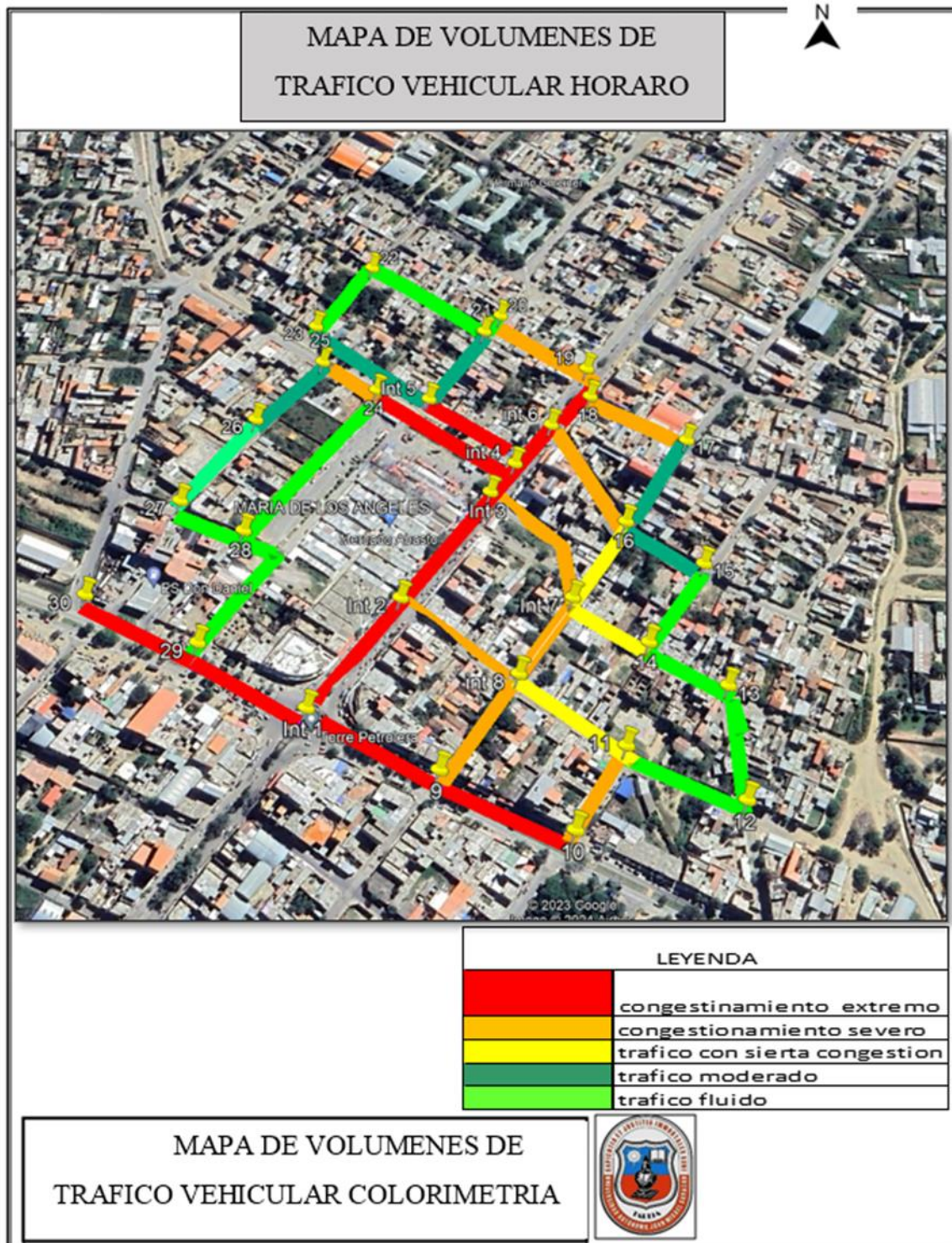
Con la anterior tabla es posible obtener los volúmenes TOTALES por acceso en cada intersección. Se obtiene la siguiente tabla:

			INTERSECCION									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACCESO 1												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			791	738	726	582	280	445	223	270	794	754
ACCESO 2												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			832	253	206	365	151	515	334	290	279	269
ACCESO 3												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			732			471		313	320	283		
ACCESO 4												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			736						296	310		

			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACCESO 1												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			279	276	242	226	261	283	249	618	526	152
ACCESO 2												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			276	288	235	225	341	368	329	232	317	205
ACCESO 3												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			253	256	217	202	250	288	223		620	190
ACCESO 4												
VOLUMEN TOTAL POR HORA				217			198	218	188			

			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ACCESO 1												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			192	213	271	336	343	240	260	200	798	816
ACCESO 2												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			228	228	168	161	183	268	258	235	310	313
ACCESO 3												
VOLUMEN TOTAL POR HORA			162	193				206	246	241		
ACCESO 4												
VOLUMEN TOTAL POR HORA				216								

Figura 16 Mapa de volúmenes



Fuente: Elaboración propia

3.4 Porcentaje de giros izquierda y derecha

Con las anteriores tablas es posible obtener los porcentajes de giro presentes en cada acceso de cada intersección. Se obtiene la siguiente tabla:

			INTERSECCION									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACCESO 1												
% GIRO DER.			19	28	24	15	36	0	28	38	24	25
% GIRO IZQ.			26	0	0	0	0	5	9	41	0	0
ACCESO 2												
% GIRO DER.			22	100	100	74	100	26	41	24	100	100
% GIRO IZQ.			20	0	0	26	0	0	22	34	0	0
ACCESO 3												
% GIRO DER.			26	0	0	0	0	51	18	28	0	0
% GIRO IZQ.			25	0	0	20	0	49	42	34	0	0
ACCESO 4												
% GIRO DER.			24	0	0	0	0	0	21	33	0	0
% GIRO IZQ.			26	0	0	0	0	0	30	34	0	0

			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACCESO 1												
% GIRO DER.			49	37	49	51	26	25	25	36	24	0
% GIRO IZQ.			0	42	0	49	31	31	31	0	0	61
ACCESO 2												
% GIRO DER.			49	24	49	0	33	33	33	100	66	48
% GIRO IZQ.			51	33	51	51	35	34	34	0	34	0
ACCESO 3												
% GIRO DER.			0	15	0	48	21	22	16	0	0	60
% GIRO IZQ.			48	43	48	0	38	39	40	0	35	40
ACCESO 4												
% GIRO DER.			0	35	0	0	22	23	23	0	0	0
% GIRO IZQ.			0	32	0	0	31	31	30	0	0	0

			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ACCESO 1												
% GIRO DER.			49	31	44	14	16	48	51	56	27	28
% GIRO IZQ.			0	29	0	0	0	0	49	44	0	0
ACCESO 2												
% GIRO DER.			54	31	100	100	100	49	0	0	100	100
% GIRO IZQ.			46	35	0	0	0	51	52	43	0	0
ACCESO 3												
% GIRO DER.			0	32	0	0	0	0	47	43	0	0
% GIRO IZQ.			48	32	0	0	0	47	0	0	0	0
ACCESO 4												
% GIRO DER.			0	29	0	0	0	0	0	0	0	0
% GIRO IZQ.			0	30	0	0	0	0	0	0	0	0

3.5 Porcentaje de vehículos pesados

De igual manera es posible obtener los porcentajes de vehículos pesados en la siguiente tabla:

			INTERSECCION									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1												
% VEH. PESADOS			1	3	3	3	0	3	0	0	4	4
2												
% VEH. PESADOS			6	0	0	1	0	4	0	0	0	0
3												
% VEH. PESADOS			2			5		0	0	0		
4												
% VEH. PESADOS			7						0	0		

			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1												
% VEH. PESADOS			0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
2												
% VEH. PESADOS			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3												
% VEH. PESADOS			0	0	0	0	0	0	0		1	0
4												
% VEH. PESADOS				0			0	0	0			

			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1												
% VEH. PESADOS			0	0	0	2	2	0	0	0	1	1
2												
% VEH. PESADOS			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3												
% VEH. PESADOS			0	0				0	0	0		
4												
% VEH. PESADOS				0								

3.6 Cálculo de capacidades

Con las anteriores tablas se procede a realizar el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las diferentes intersecciones y sus accesos con el método HCM 2000:

CAPACIDAD VEHICULAR EN VIAS INTERRUMPIDAS:

INTERSECCION 1 - Acceso 1

Calculo de la capacidad AV. Froilán Tejerina y Av circunvalacion

DATOS:

Volumen de circulacion: 791 veh/h

Ancho de acceso : 9,1 m

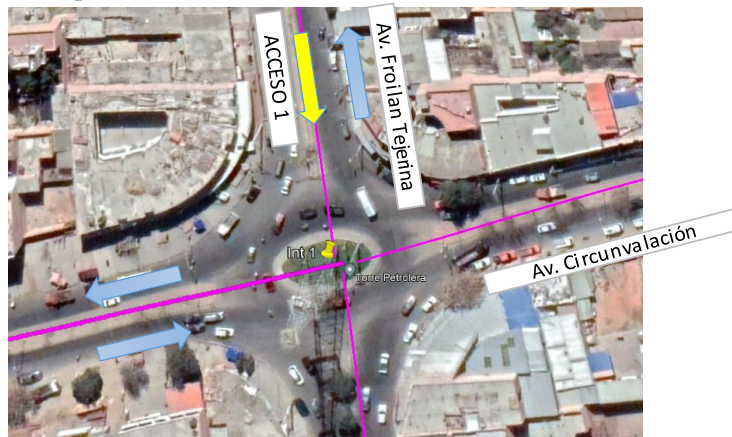
Zona central con estacionamiento prohibido

Parada antes de la interseccion

% giro izquierdo: 25,54

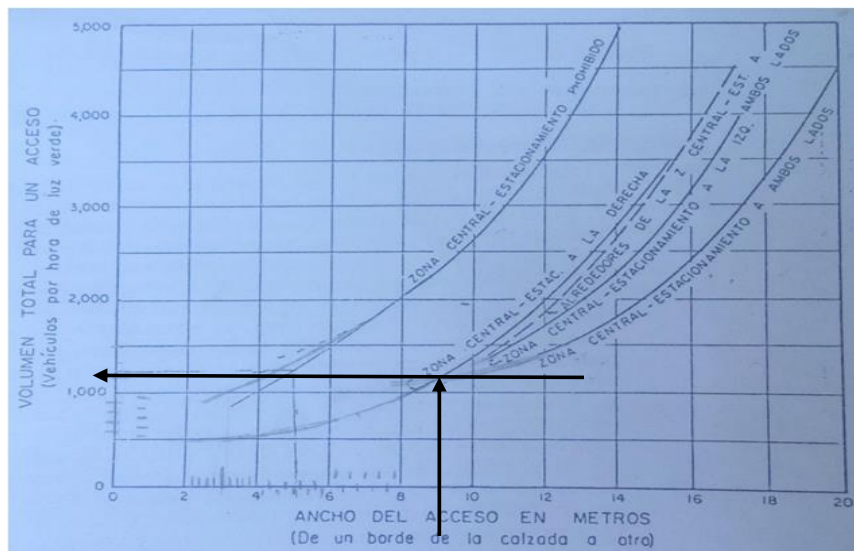
% giro derecha: 18,96

% Vehiculos pesados: 1,39 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco

1100 veh/h

Capacidad Practica:

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

$$C.practica = 990 \text{ veh/h}$$

Factores de reducción:**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1,39 \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0,986$$

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad FGI = 0,922$$

Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD = 0,955$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

Cap Real= 774 veh/h

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen horario 791 veh/h

$$\frac{V}{C} = 1,022$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio F, Flujo forzado

INTERSECCION 1 - Acceso 2

Calculo de la capacidad Av circunvalacion y AV. Froilán Tejerina

DATOS:

Volumen de circulacion: 738 veh/h

Ancho de acceso : 8,3 m

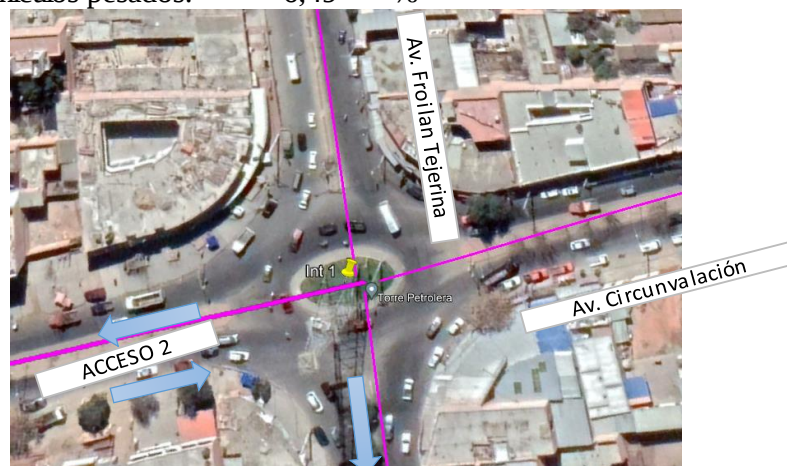
Zona central con estacionamiento prohibido

Parada antes de la interseccion

% giro izquierdo: 22,36

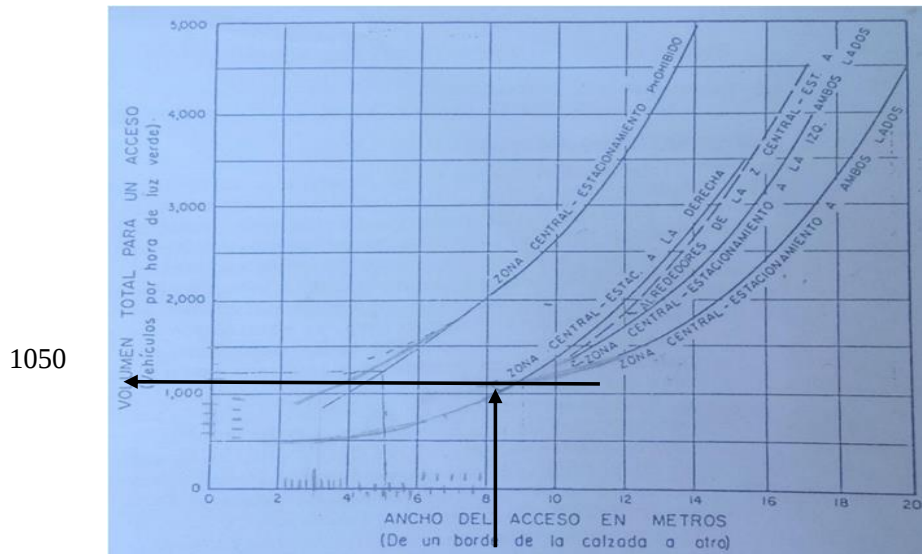
% giro derecha: 19,71

% Vehiculos pesados: 6,49 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco **1050** veh/h

Capacidad Practica:

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

C.practica= 945 veh/h

Factores de reducción:

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

VP= 6,49 %

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

FVP= 0,935

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100}$$

FGI= 0,938

Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD = 0,951$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 710 \quad \text{veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

$$\text{Volumen horario} = 738 \quad \text{veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 1,040$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio F, Flujo forzado

INTERSECCION 1 - Acceso 3**Calculo de la capacidad AV. Froilán Tejerina y Av circunvalacion**

DATOS:

Volumen de circulacion: 732 veh/h

Ancho de acceso : 9,1 m

Zona central con estacionamiento prohibido

Parada antes de la interseccion

% giro izquierdo: 25,00

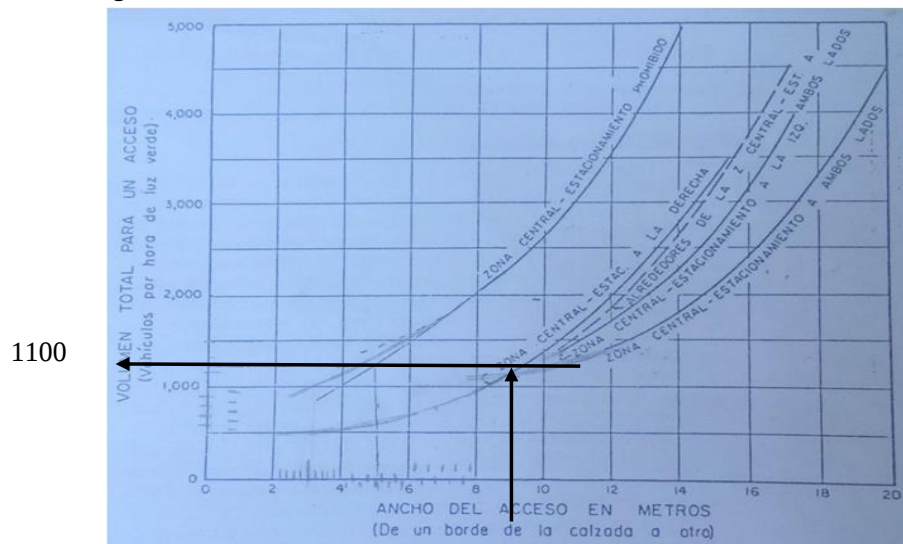
% giro derecha: 25,96

% Vehiculos pesados: 2,05 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco **1100** veh/h

Capacidad Practica:

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

C.practica= 990 veh/h

Factores de reducción:

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

VP= 2,05 %

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0,980$$

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad FGI = 0,925$$

Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD = 0,920$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 743 \quad \text{veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

$$\text{Volumen horario} \quad 732 \quad \text{veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 0,985$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio E, Flujo inestable

Tabla 11 Resumen de nivel de servicio actual de cada intersección

Intersección	Aceso	Capacidad real	Nivel de servicio
1	1	774	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	710	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	743	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	907	Nivel de servicio E, Flujo inestable
2	1	792	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	316	Nivel de servicio F, Flujo forzado
3	1	791	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	481	Nivel de servicio C, Flujo estable
4	1	839	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	540	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	805	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
5	1	633	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	334	Nivel de servicio C, Flujo estable
6	1	844	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	784	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	622	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
7	1	495	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	398	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	521	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	552	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
8	1	469	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	494	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	453	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	442	Nivel de servicio E, Flujo inestable
9	1	1051	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	312	Nivel de servicio E, Flujo inestable
10	1	1009	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	535	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
11	1	456	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	646	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	721	Nivel de servicio C, Flujo estable
12	1	708	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	663	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	528	Nivel de servicio C, Flujo estable
	4	756	Nivel de servicio B, Flujo estable
13	1	521	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	439	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	459	Nivel de servicio C, Flujo estable
14	1	352	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	449	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	459	Nivel de servicio C, Flujo estable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Resumen de nivel de servicio actual de cada intersección

15	1	466	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	742	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	657	Nivel de servicio C, Flujo estable
	4	477	Nivel de servicio C, Flujo estable
16	1	461	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	760	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	425	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	677	Nivel de servicio C, Flujo estable
17	1	500	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	538	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	502	Nivel de servicio C, Flujo estable
	4	649	Nivel de servicio B, Flujo estable
18	1	692	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	290	Nivel de servicio E, Flujo inestable
19	1	851	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	359	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	738	Nivel de servicio E, Flujo inestable
20	1	424	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	458	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	284	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
21	1	455	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	335	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	461	Nivel de servicio C, Flujo estable
22	1	391	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	381	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	384	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	395	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
23	1	470	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
24	1	662	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
25	1	617	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	290	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
26	1	426	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	336	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	430	Nivel de servicio C, Flujo estable
27	1	337	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	510	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	529	Nivel de servicio C, Flujo estable
28	1	311	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	538	Nivel de servicio C, Flujo estable
	3	542	Nivel de servicio C, Flujo estable
29	1	547	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	423	Nivel de servicio E, Flujo inestable
30	1	582	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	601	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable

Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Mapa de colorimetría capacidades

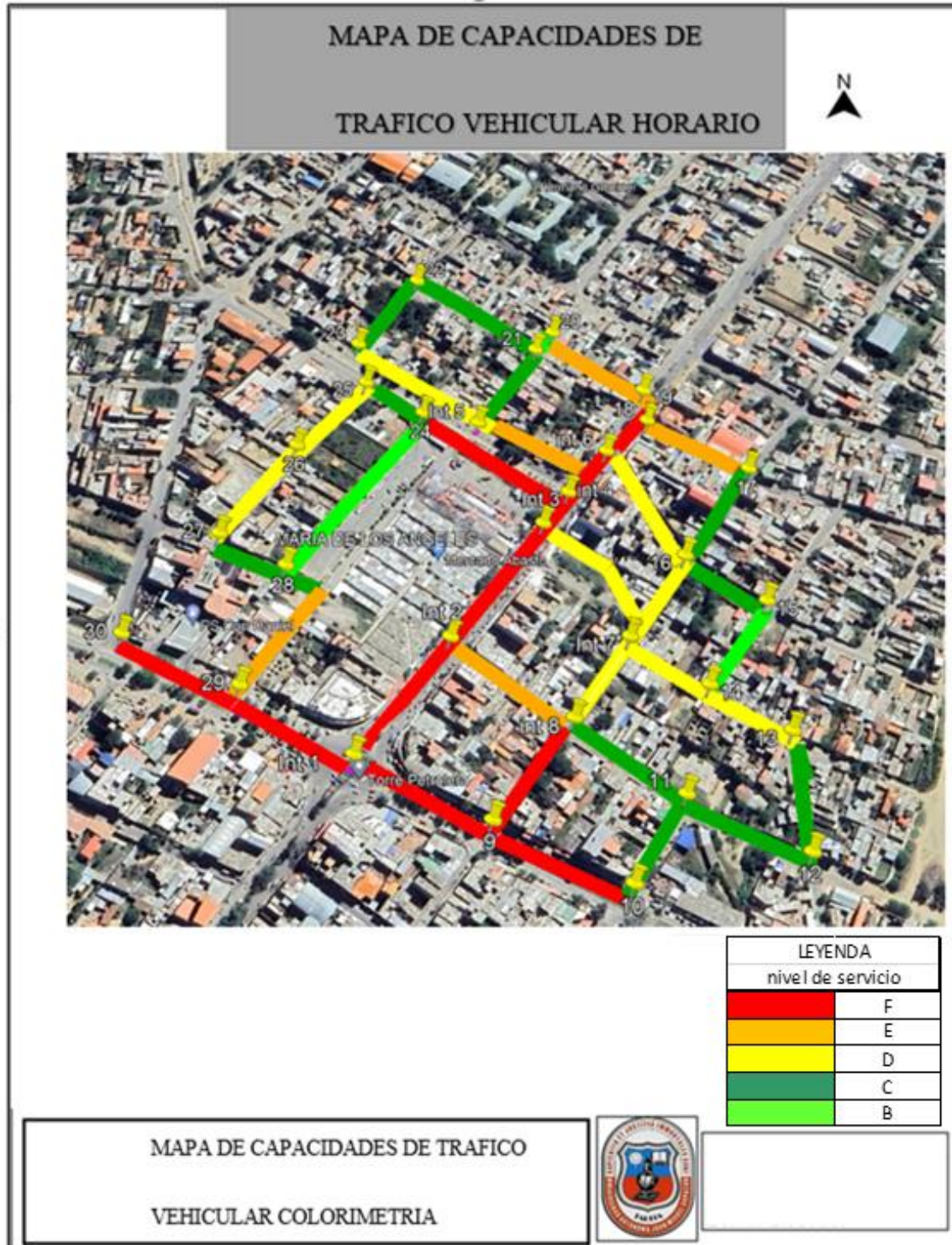


Tabla 12 Resumen de nivel de servicio proyectado a 10 años

Intersección	Aceso	Capacidad real	Nivel de servicio
1	1	775	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	712	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	744	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	4	911	Nivel de servicio E, Flujo inestable
2	1	793	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	316	Nivel de servicio E, Flujo inestable
3	1	791	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	481	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
4	1	840	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	541	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	808	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
5	1	633	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	334	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
6	1	845	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	785	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	622	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
7	1	495	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	398	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	521	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	552	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
8	1	469	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	494	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	452	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	442	Nivel de servicio E, Flujo inestable
9	1	1053	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	312	Nivel de servicio F, Flujo forzado
10	1	1010	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	535	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
11	1	456	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	646	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	721	Nivel de servicio C, Flujo estable
12	1	708	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	664	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	529	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	755	Nivel de servicio C, Flujo estable
13	1	521	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	439	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	460	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
14	1	352	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	449	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	459	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
15	1	466	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	742	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	658	Nivel de servicio C, Flujo estable
	4	478	Nivel de servicio C, Flujo estable
16	1	461	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	760	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	425	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	678	Nivel de servicio C, Flujo estable

Tabla 12 Resumen de nivel de servicio proyectado a 10 años

17	1	501	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	537	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	502	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	649	Nivel de servicio C, Flujo estable
18	1	692	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	290	Nivel de servicio E, Flujo inestable
19	1	853	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	359	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	738	Nivel de servicio F, Flujo forzado
20	1	423	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	459	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	284	Nivel de servicio E, Flujo inestable
21	1	456	Nivel de servicio C, Flujo estable
	2	336	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	460	Nivel de servicio C, Flujo estable
22	1	391	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	382	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	385	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	396	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
23	1	470	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio E, Flujo inestable
24	1	664	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio E, Flujo inestable
25	1	619	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	290	Nivel de servicio E, Flujo inestable
26	1	426	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	336	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	430	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
27	1	337	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	511	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	529	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
28	1	311	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	538	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	542	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
29	1	547	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	423	Nivel de servicio E, Flujo inestable
30	1	583	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	601	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Resumen de nivel de servicio proyectado a 20 años

Resumen de la capacidad y nivel de servicio de cada intersección con proyección a 20 años			
Intersección	Aceso	Capacidad real	Nivel de servicio
1	1	775	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	712	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	744	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	4	910	Nivel de servicio F, Flujo forzado
2	1	793	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	316	Nivel de servicio F, Flujo forzado
3	1	791	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	481	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
4	1	841	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	542	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	807	Nivel de servicio E, Flujo inestable
5	1	633	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	334	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
6	1	845	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	785	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	622	Nivel de servicio E, Flujo inestable
7	1	495	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	398	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	521	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	552	Nivel de servicio E, Flujo inestable
8	1	469	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	494	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	452	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	442	Nivel de servicio E, Flujo inestable
9	1	1052	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	312	Nivel de servicio F, Flujo forzado
10	1	1010	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	535	Nivel de servicio E, Flujo inestable
11	1	456	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	646	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	720	Nivel de servicio C, Flujo estable
12	1	708	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	665	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	528	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	756	Nivel de servicio C, Flujo estable
13	1	521	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	439	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	460	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
14	1	352	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	449	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	459	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
15	1	467	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	743	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	657	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	478	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
16	1	461	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	760	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	425	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	4	678	Nivel de servicio C, Flujo estable

Tabla 13 Resumen de nivel de servicio proyectado a 20 años

17	1	501	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	538	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	502	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	649	Nivel de servicio C, Flujo estable
18	1	692	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	290	Nivel de servicio F, Flujo forzado
19	1	853	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	359	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	739	Nivel de servicio F, Flujo forzado
20	1	423	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	459	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	284	Nivel de servicio E, Flujo inestable
21	1	456	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	2	336	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	461	Nivel de servicio C, Flujo estable
22	1	392	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	381	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	385	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	4	396	Nivel de servicio E, Flujo inestable
23	1	470	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio E, Flujo inestable
24	1	664	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	267	Nivel de servicio E, Flujo inestable
25	1	619	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	290	Nivel de servicio E, Flujo inestable
26	1	426	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	336	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	3	430	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
27	1	337	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	511	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	3	529	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
28	1	311	Nivel de servicio E, Flujo inestable
	2	538	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
	3	542	Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable
29	1	547	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	423	Nivel de servicio F, Flujo forzado
30	1	582	Nivel de servicio F, Flujo forzado
	2	601	Nivel de servicio E, Flujo inestable

Fuente: Elaboración propia

3.7 Cálculo de las velocidades

Con los datos de tiempos medidos se obtienen los siguientes valores de velocidades:

Tabla de Velocidades de recorrido Sentido A:

TABLA DE RESULTADOS		
HORAS	VELOCIDAD	
07:00 - 08:00	20,21	km/hr
12:00 - 13:00	15,45	km/hr
19:00 - 20:00	18,45	km/hr

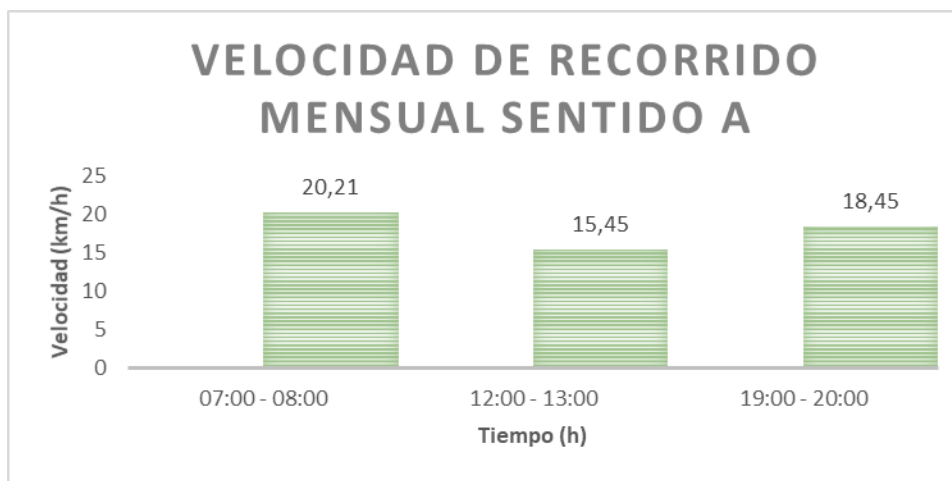


Tabla de Velocidades de recorrido Sentido B:

TABLA DE RESULTADOS		
HORAS	VELOCIDAD	
07:00 - 08:00	10,68	km/hr
12:00 - 13:00	9,55	km/hr
19:00 - 20:00	9,90	km/hr

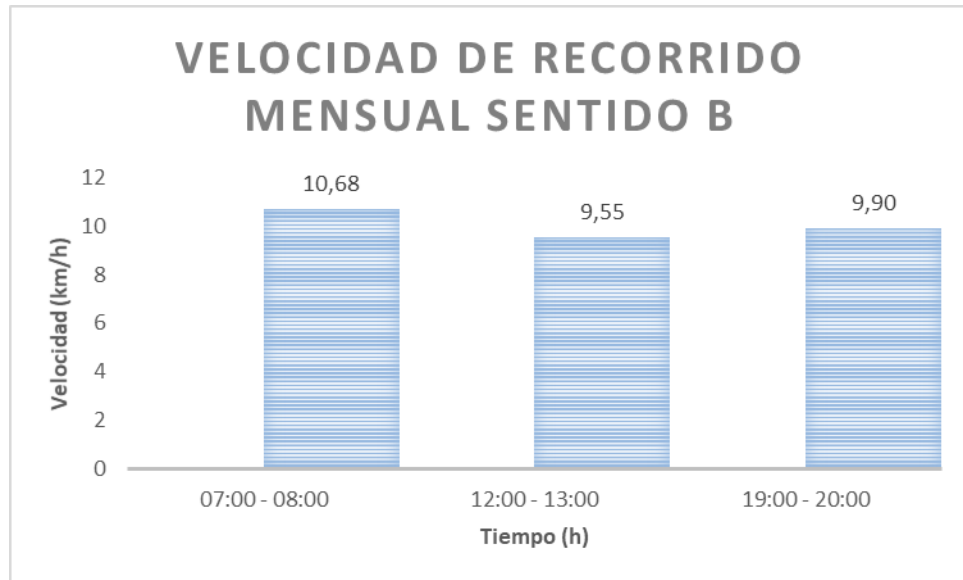


Tabla de Velocidades de PUNTO Sentido A:

RESUMEN (km/hr)				
DIA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
MARTES	18,63	17,51	12,29	18,01
JUEVES	17,82	18,23	18,88	18,38
SABADO	17,68	17,87	18,17	19,28
MEDIA	18,04	17,87	16,44	18,55

Tabla de Velocidades de PUNTO Sentido B:

RESUMEN (km/hr)				
DIA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
MERTES	17,74	17,96	12,25	17,41
JUEVES	17,80	17,54	17,90	17,66
SABADO	16,96	16,60	17,54	17,65
MEDIA	17,50	17,37	15,90	17,58

Tabla de Velocidades Crucero Sentido A:

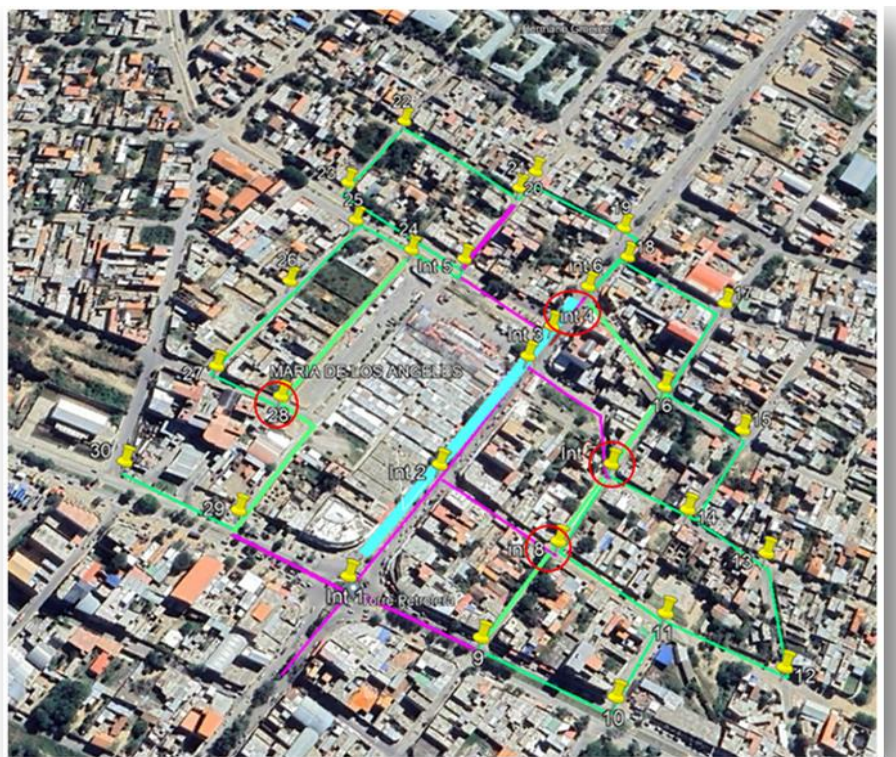
TABLA DE RESULTADOS		
HORAS	VELOCIDAD	
07:00 - 08:00	28,52	km/hr
12:00 - 13:00	21,49	km/hr
19:00 - 20:00	25,20	km/hr

Tabla de Velocidades Crucero Sentido B:

TABLA DE RESULTADOS		
HORAS	VELOCIDAD	
07:00 - 08:00	16,85	km/hr
12:00 - 13:00	14,47	km/hr
19:00 - 20:00	15,21	km/hr

4. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

En base a los resultados obtenidos, se puede observar que las principales avenidas y calles de la zona de estudio presentan condiciones de congestionamiento vehicular. Para abordar esta problemática, se propone como solución la redistribución del tráfico vehicular en algunas intersecciones estratégicas, con el objetivo de mejorar el flujo y reducir la congestión. Dicha redistribución contiene: implementar en ciertos tramos de calles un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra, sin restringir completamente el sentido de circulación toda la calle. Por consecuente integrará elementos, tales como señalización horizontal y vertical, donde la señalización horizontal incluirá flechas que indiquen claramente el cambio de dirección en las calles, y la señalización vertical proporcionará información y advertencias necesarias a los conductores. Además, se considera la instalación y sincronización de un semáforo en la intersección 4, clave para regular el flujo vehicular, evitando conflictos y minimizando tiempos de espera en la zona. También se implementarán tachas reflectivas en la intersección 4, para mejorar la visibilidad de las marcas viales, especialmente durante la noche, aumentando así la seguridad vial. Esta propuesta de redistribución del tráfico busca optimizar la circulación vehicular, promoviendo un flujo más fluido y reduciendo los niveles de congestión actuales. Además, se espera que la implementación de estos elementos no solo mejore la eficiencia del sistema vial, sino que también incremente la seguridad para todos los usuarios de la vía.

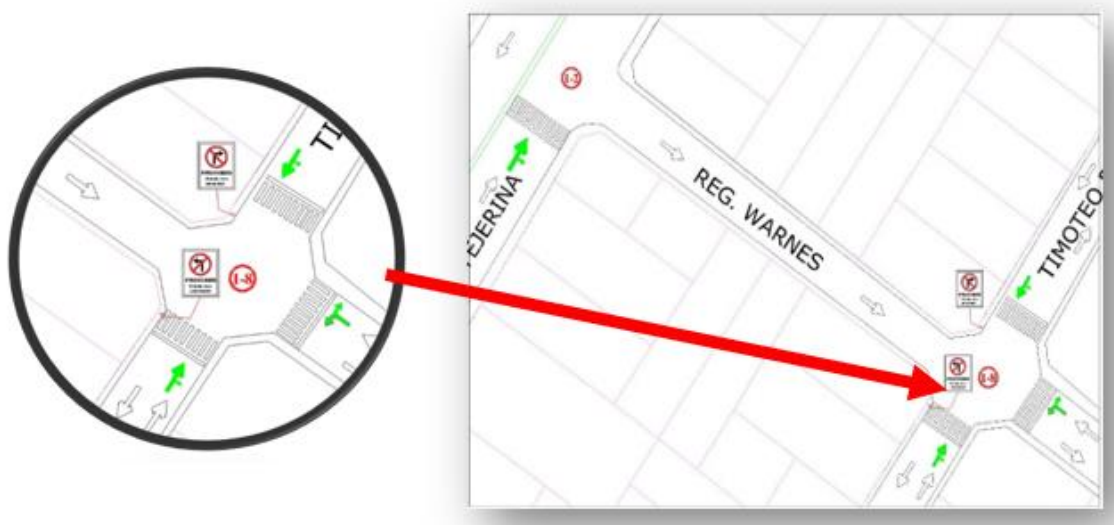


Figura

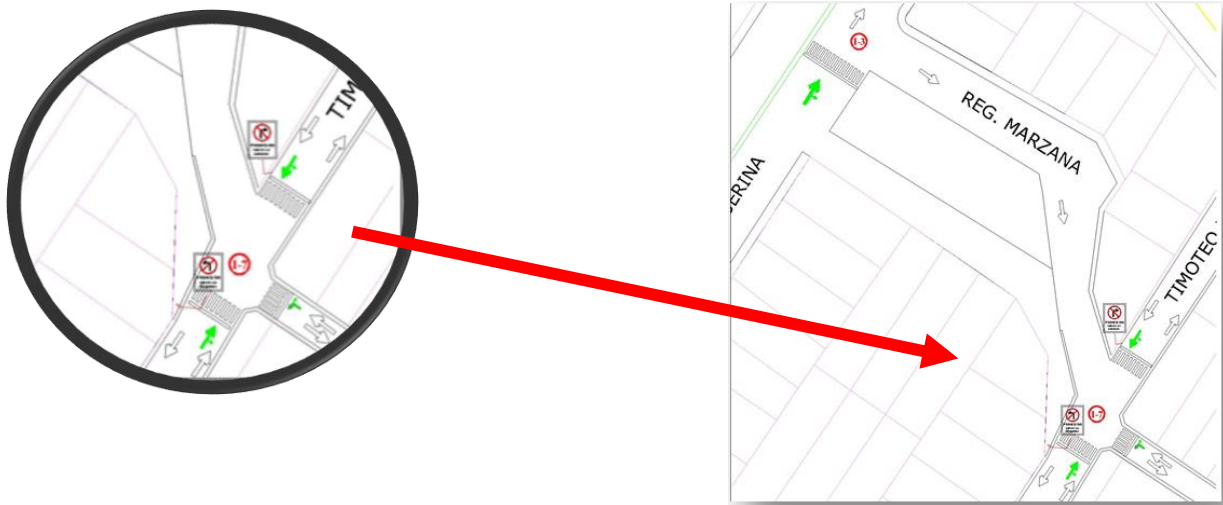
18 Croquis de señalización con soluciones propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

Señalización horizontal y vertical en la calle Regimiento Warnes entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña



Señalización horizontal y vertical en la calle Regimiento Marzana entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña



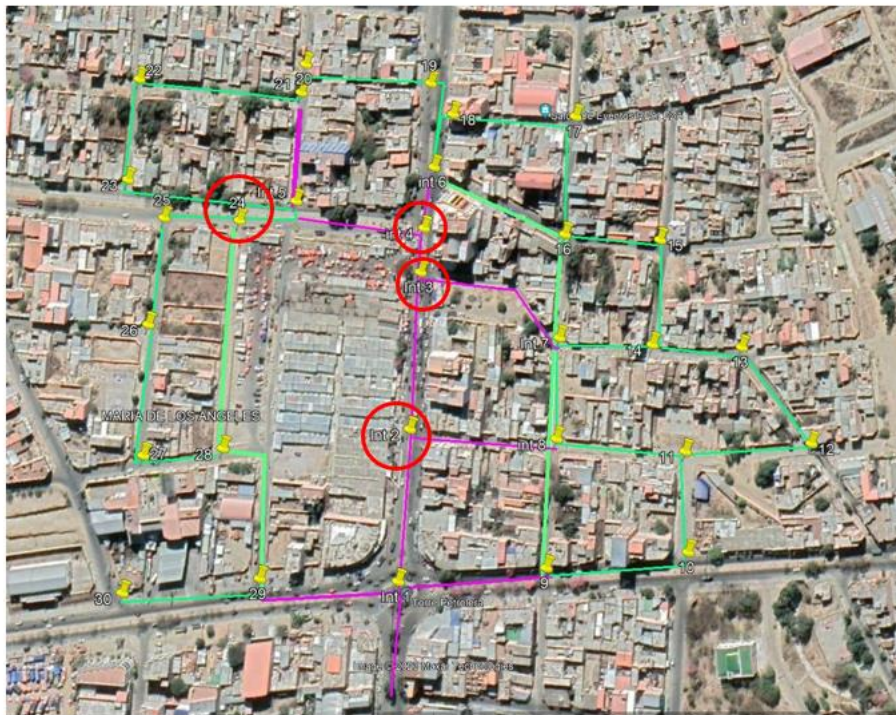
Señalización horizontal y vertical en la calle Carlos Schnoor entre Bilbao Rioja y Tolomosa



Implementación de semáforos y tachas reflectivas



Croquis de la zona de estudio y sus intersecciones definidas



En esta imagen podemos observar ya marcadas las interacciones donde se va a hacer el cálculo para la alternativa de solución, al implementar tramos de calles en un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra.

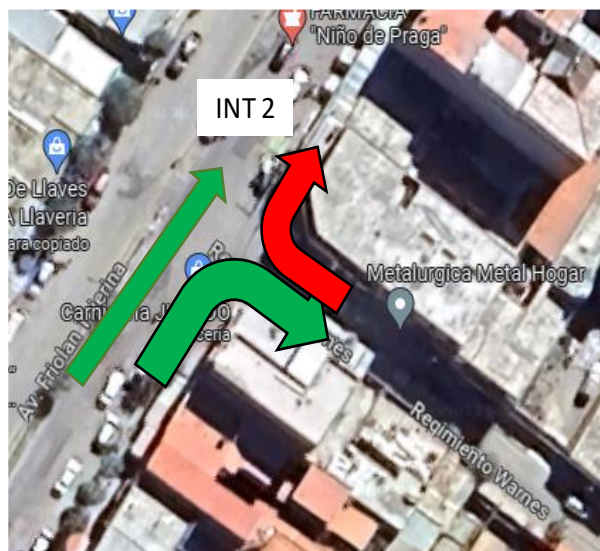
4.1 Análisis de cálculo de la redistribución del tráfico vehicular

4.1.1. intersección 2 Acceso 2

INTERSECCION 3 - Acceso 1

ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION

a)Aplicando un solo sentido de calle a lo largo de una cuadra en la c. Regimiento Warnes



Si analizamos la intersección 2 en el acceso 2 tenemos un ingreso de un total de 253 veh/h, es decir de la calle Reg. Warnes. En el acceso 1 del total de 738 veh/h, el 28% gira en dirección de dicha calle, por lo que solo unos 531 vehiculos siguen de frente, si sumamos esta cantidad con lo que aporta el acceso 2 obtenemos un total de 784 veh/h que irían sobre la Froilan Tejerina valor que se verifica comparando con el volumen de circulación del acceso 1 en la intersección 3 lo que sugiere que este valor está directamente influenciado por el aporte del acceso 2 en la intersección 2. Si se limitara el flujo de dicho acceso se reduciría en un 32% el tráfico en el tramo de las intersecciones 2 y 3. Por lo tanto, podemos obtener el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}\% \text{ Reducción} &= (253 \text{ veh/h} \times 100) / 784 \text{ veh/h} \\ \% \text{ Reducción} &= 32\%\end{aligned}$$

Veh/h acceso 1-int 3=	726	Reduciendo esta cantidad en un 32%...
Veh/h acceso 1-int 3=	726 x 0,68	
Veh/h acceso 1-int 3=	493	

Si volvemos a calcular la capacidad de este acceso e intersección:

DATOS Acceso 1, intersección 3.:

Volumen de circulación: 493 veh/h

Ancho de acceso : 9,1 m

Zona central con estacionamiento prohibido

Parada antes de la intersección

% giro izquierdo: 0,00

% giro derecha: 24,10

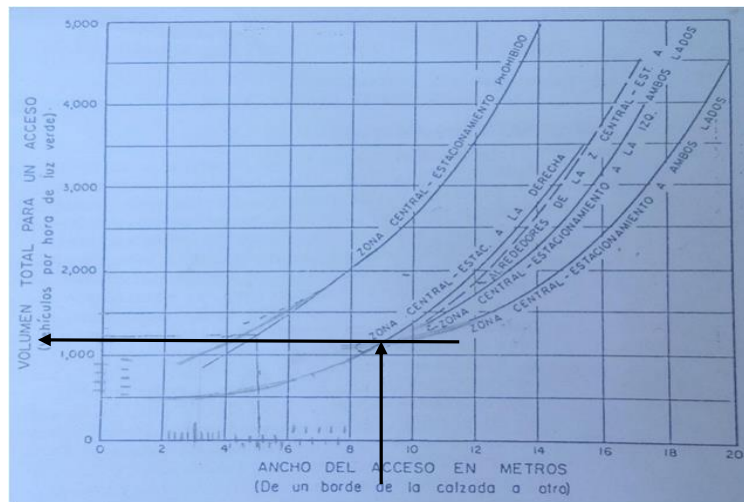
% Vehiculos pesados: 2,75 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.

1080



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco **1080** veh/h

Factor de reducción por giro derecha

Capacidad Practica:

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100}$$

nara % de giro mayor a 10%

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100}$$

para % de giro menor a 10%

C.practica= 972 veh/h

Factores de reducción: FGD= 0,929

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

VP= 2,75 %

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0,972$$

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad FGI = 1,000$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 791 \quad \text{veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

$$\text{Volumen horario} = 493 \quad \text{veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 0,623$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable

En comparación con el nivel de servicio que se tenía originalmente:

Nivel de servicio E, Flujo inestable

Por lo que el nivel de servicio mejora tomando la medida de restringir el sentido de circulación en la calle Regimiento Warnes.

4.1.2. intersección 3 Acceso 2

b) Aplicando un solo sentido de calle a lo largo de una cuadra en la c. Regimiento Marzana



Si analizamos la intersección 3 en el acceso 2 tenemos un ingreso de un total de 206 veh/h, es decir de la calle Reg. Marzana. En el acceso 1 del total de 726 veh/h, el 24% gira en dirección de dicha calle, por lo que solo unos 551 vehiculos siguen de frente, si sumamos esta cantidad con lo que aporta el acceso 2 obtenemos un total de 757 veh/h que irían sobre la Froilan Tejerina valor que se verifica comparando con el volumen de circulación del acceso 3 en la intersección 4 lo que sugiere que este valor está directamente influenciado por el aporte del acceso 2 en la intersección 3. Si se limitara el flujo dicho acceso se reduciría en un 32% el tráfico en el tramo de las intersecciones 2 y 3. Por lo que se podemos obtener el siguiente cálculo:

$$\% \text{ Reducción} = (206 \text{ veh/h} \times 100) / 757 \text{ veh/h}$$

$$\% \text{ Reducción} = 27\%$$

Veh/h acceso 3-int 4=	471	Reduciendo esta cantidad en un 27%...
Veh/h acceso 3-int 4=	$471 \times 0,73$	
Veh/h acceso 3-int 4=	343	

Si volvemos a calcular la capacidad de este acceso e intersección:

INTERSECCION 4 acceso 3

DATOS:

Volumen de circulación: 343 veh/h

Ancho de acceso : 9,1 m

Zona central con estacionamiento prohibido

Parada antes de la intersección

% giro izquierdo: 20,00

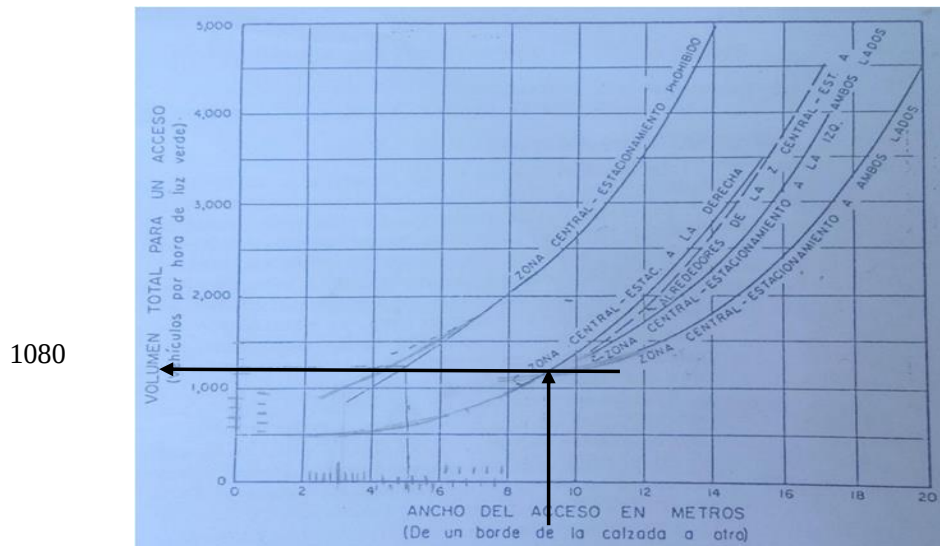
% giro derecha: 0,00

% Vehículos pesados: 5,00 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco 1080 veh/h

Capacidad Practica:

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

$$C.practica = 972 \text{ veh/h}$$

Factores de reducción:

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 5,00 \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0,950$$

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad FGI = 0,950$$

Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD = 1,000$$

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 790 \text{ veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen horario	343	veh/h
$\frac{V}{C} =$	0,434	

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio C, Flujo estable

En comparación con el nivel de servicio que se tenía originalmente:

Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable

Por lo que el nivel de servicio mejora tomando la medida de restringir el sentido de circulación en la calle Regimiento Marzana

4.1.3. intersección 24 Acceso 2

c) Aplicando un solo sentido de calle a lo largo de una cuadra en la c. Carlos Schnoor



Si analizamos la intersección 24 en el acceso 2 tenemos un ingreso de un total de 161 veh/h, es decir de la calle sin nombre. En el acceso 1 del total de 336 veh/h, el 14% gira en dirección de dicha calle, por lo que solo unos 288 vehiculos siguen de frente, si sumamos esta cantidad con lo que aporta el acceso 2 obtenemos un total de 449 veh/h que irían sobre la Froilan Tejerina valor que se verifica comparando con el volumen de circulación del acceso 2 en la intersección 4 lo que sugiere que este valor está directamente influenciado por el aporte del acceso 2 en la intersección 24. Si se limitara el flujo de dicho acceso se reduciría en un 35% el tráfico en el tramo de las intersecciones 2 y 3. Por lo que se podemos obtener el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}\% \text{ Reducción} &= (161 \text{ veh/h} \times 100) / 449 \text{ veh/h} \\ \% \text{ Reducción} &= 35\%\end{aligned}$$

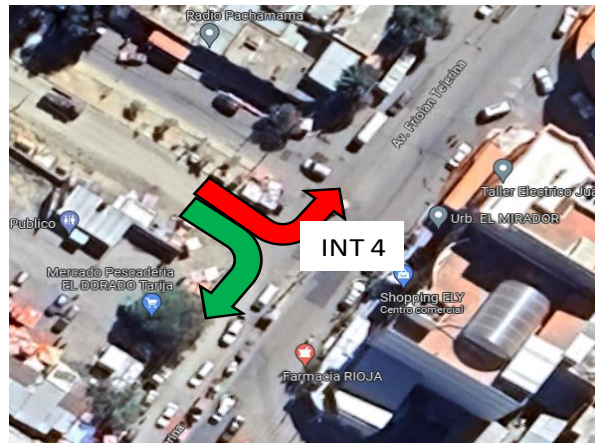
Veh/h acceso 3-int 4= 365 Reduciendo esta cantidad en un 35%...
Veh/h acceso 3-int 4= 365x0,65
Veh/h acceso 3-int 4= 237

Si volvemos a calcular la capacidad de este acceso e intersección:

INTERSECCION 4 Acceso 2

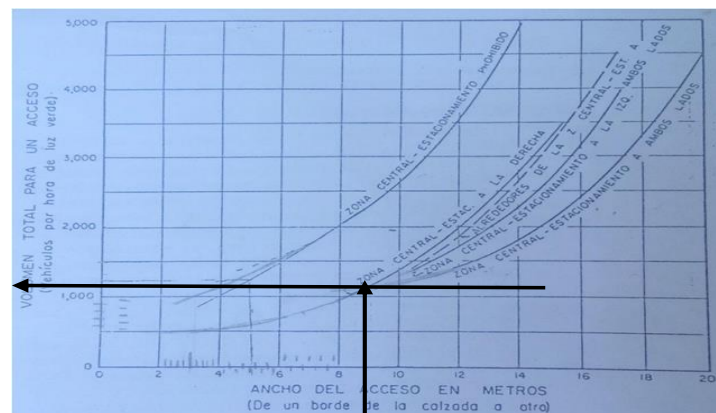
DATOS:

Volumen de circulacion: 237 veh/h
Ancho de acceso : 9 m
Zona central con estacionamiento prohibido
Parada antes de la interseccion
% giro izquierdo: 0
% giro derecha: 100,0
% Vehiculos pesados: 1,4 %



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho de la calzada del acceso se obtuvo la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso.



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

1100

Capacidad teórica según ábaco **1100** veh/h

Capacidad Practica:

$$C.practica = C.teorica * 0.9$$

C.practica= 990 veh/h

Factores de reducción:

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

VP= 1,37 %

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

FVP= 0,986

Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$FGI = 1 - 0.5 * \frac{\%GI - 10}{100}$ FGI= 1,000

Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

FGD= 0,550

Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0,900$$

Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 483 \text{ veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

$$\text{Volumen horario} = 237 \text{ veh/h}$$

$$\frac{V}{C} = 0,490$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio C, Flujo estable

En comparación con el nivel de servicio que se tenía originalmente:

Nivel de servicio D, Proximo al flujo inestable

Por lo que el nivel de servicio mejora tomando la medida de restringir el sentido de circulación en la calle Carlos Schnorr

4.1.4. Señalización horizontal en la intersección 4

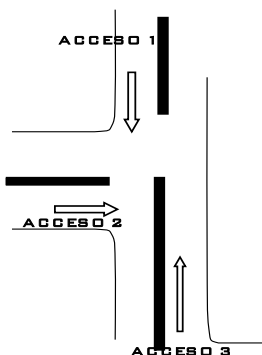
Además, se considera la instalación y sincronización de semáforos en la intersección 4, clave para regular el flujo vehicular y evitar conflictos. En función de la alternativa propuesta, se realizó el cálculo de los tiempos de semaforización para la intersección 4 en relación con los accesos 1 y 3, adoptando el mismo tiempo de ciclo para el acceso 2 que para el acceso 3. Esto permitirá que el acceso 3 pueda realizar un giro izquierdo de manera óptima, al igual que el acceso 2 pueda realizar un giro a la derecha sin afectar el flujo vehicular del acceso 1 en dicha intersección.



Figura 19 Croquis de análisis de semaforización
Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Semaforización

INTERSECCION 4: AV. FROILAN TEJERINA Y AV. BERNARDINO BILBAO RIOJA



Distancia (D): 25 m
Velocidad de punto (V): 20 Km/hr } *Datos del proyecto*

Volumen $C/$ PRINCIPAL = 582 veh/hr **vA** Acceso 1
Volumen $C/$ SEGUNDARIA = 471 veh/hr **vB** Acceso 3

Se asume:
Ta ida = 5 seg
Ta vuelta = 3 seg

TIEMPO DE CICLO

$$T_c = 3.6 \cdot \frac{D}{V} \Rightarrow T_c = 4,5 \text{ seg}$$

Como el tiempo calculado es menor al mínimo requerido, se asume:

$$\Rightarrow T_c = 35 \text{ seg}$$

$$T_c = t_A + t_B + t_{a.ida} + t_{a.vuelta} \dots\dots\dots \text{ec.(1)}$$

$$\frac{V_A * t_{a.ida}}{t_A} = \frac{V_B * t_{a.vuelta}}{t_B} \dots\dots\dots \text{ec.(2)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

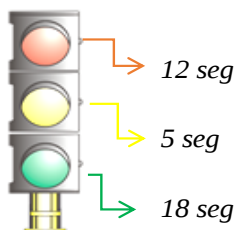
$$\text{De ec.(1)... } 35 \text{ seg} = t_A + t_B + 8 \text{ seg} \Rightarrow t_A = 27 \text{ seg} - t_B \dots\dots\dots \text{ec.(3)}$$

$$\text{De ec.(2)... } t_A/t_B = 2,059 \dots\dots\dots \text{ec.(4)}$$

$$\text{De ec.(3) y (4)... } t_A = 18 \text{ seg}$$

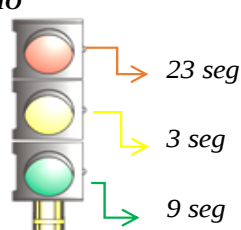
$$\Rightarrow t_B = 9 \text{ seg}$$

PRINCIPAL



ACCESO 1

SEGUNDARIO



ACCESO 3

También se implementarán tachas reflectivas en la intersección 4, específicamente en el acceso 3, para guiar a los vehículos que vayan a realizar el giro izquierdo, mejorando la visibilidad de las marcas viales, especialmente durante la noche, lo que aumentará la seguridad vial.



Figura 20 Croquis de tachas reflectivas y letreo
Fuente: Elaboración propia

Se instalará un letrero que indique "PROHIBIDO GIRO A LA IZQUIERDA" en el acceso 2 de la intersección 4, para mejorar la seguridad vial y evitar conflictos con el tráfico que proviene del acceso 1.

4.1.6 Presupuesto general del proyecto

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	Replanteo y trazado	pza	7,00	55,41	387,87
2	Limpieza y preparación de la zona a pintar	pza	7,00	78,47	549,29
3	Demarcado y pintado de Señalización horizontal	m²	147,52	102,63	15.139,98
4	Señalización vertical	pza	7,00	1.324,08	9.268,56
5	Excavación y cimentación de poste (semáforo doble)	pza	1,00	2.429,05	2.429,05
6	Inst. de poste de Caño Galv. 6"/Doble S/PROV	pza	1,00	2.121,12	2.121,12
7	Inst. de Gab. de cont. y control de semáforo	pza	1,00	1.136,63	1.136,63
8	Prov. e inst. de modulo semáforo veh. led 3x300mm	pza	3,00	1.532,50	4.597,50
9	Prov. y coloc. placa de contraste cabezal 3x300mm	pza	3,00	107,64	322,92
10	Prov. y coloc. Gabinete + controlador elec. 5 fases	pza	1,00	23.776,46	23.776,46
11	Prov. y colocación cable 4x1.5mm	ml	60,00	17,42	1.045,20
12	Prov. y colocación cable 7x1.5mm	ml	30,00	28,04	841,20
13	Prov. y colocación cable 12x1.5mm	ml	15,00	56,37	845,55
14	Apertura de acera de hormigón e=10cm	m²	2,25	145,15	326,59
15	Limpieza general de la obra y desmovilización	glb	1,00	878,33	878,33
Son: Sesenta y tres mil seiscientos sesenta y seis con 25/100 Bs				Precio Total (numeral):	63.666,25

4.2 Simulación de tráfico vehicular mediante software

En base a todos los datos y cálculos se procede a realizar la simulación de tráfico vehicular en la zona de estudio con el programa computacional en 6 escenarios diferentes:

- ✓ Escenario 1: Simulación de la situación actual o con los datos actuales.
- ✓ Escenario 2: Simulación con la proyección a 10 años en base a los datos actuales.
- ✓ Escenario 3: Simulación con la proyección a 20 años en base a los datos actuales.
- ✓ Escenario 4: Simulación tiempo actual si se aplica la alternativa de solución.
- ✓ Escenario 5: Simulación tiempo a 10 años si se aplica la alternativa de solución.
- ✓ Escenario 6: Simulación tiempo a 20 años si se aplica la alternativa de solución.

a) simulación de la situación actual con los datos actuales



Para la simulación del tráfico vehicular se utilizó el programa Synchro 8, donde se cargó una imagen de Google Maps para simular las calles y poder ingresar los datos de los volúmenes actuales del as 30 intersección. El programa proporciona los niveles de servicio de cada intersección, expresados en porcentaje. Esta simulación se realizó para comprobar que si existe congestionamiento en la zona.

b) Simulación con la proyección a 10 años en base a los datos actuales



c) Simulación con la proyección a 20 años en base a los datos actuales



d) Simulación tiempo actual si se aplica la alternativa de solución



Aquí podemos observar que la solución planteada es viable. Los niveles de servicio mejoran significativamente, pasando de un nivel crítico a condiciones óptimas. Esta mejora refleja una mayor eficiencia y fluidez en el tráfico vehicular en las intersecciones evaluadas

e) Simulación tiempo a 10 años si se aplica la alternativa de solución



f) Simulación tiempo a 20 años si se aplica la alternativa de solución



4.3 Valoración de las medidas adoptadas en la alternativa de solución

A continuación, analizamos las mejoras en los niveles de servicio que nos brindaría cada una de las medidas de nuestra alternativa de solución, ya que hemos optado por trabajar con todas ellas en conjunto como una sola alternativa de solución global, ya que la zona de estudio cuenta con 30 intersecciones y solo realizando una medida por separado no se nota mejoría de las condiciones de circulación en la zona. Sin embargo, si las tomamos a todas juntas obtenemos una mejora de condiciones de circulación de forma integrada ya que, también examinando los costos por separado, no son muy elevados en las medidas en las que haya que implementar un solo sentido de circulación en una sola cuadra, la que representa mayor incidencia es el semáforo.



De esta manera es que se presenta una sola tabla final de nivel de servicio para apreciar de forma visual y mediante colorimetría las mejoras obtenidas en base a las siguientes medidas tomadas:

4.3.1 Implementando un solo sentido de circulación en el tramo de la calle R. Warnes entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña



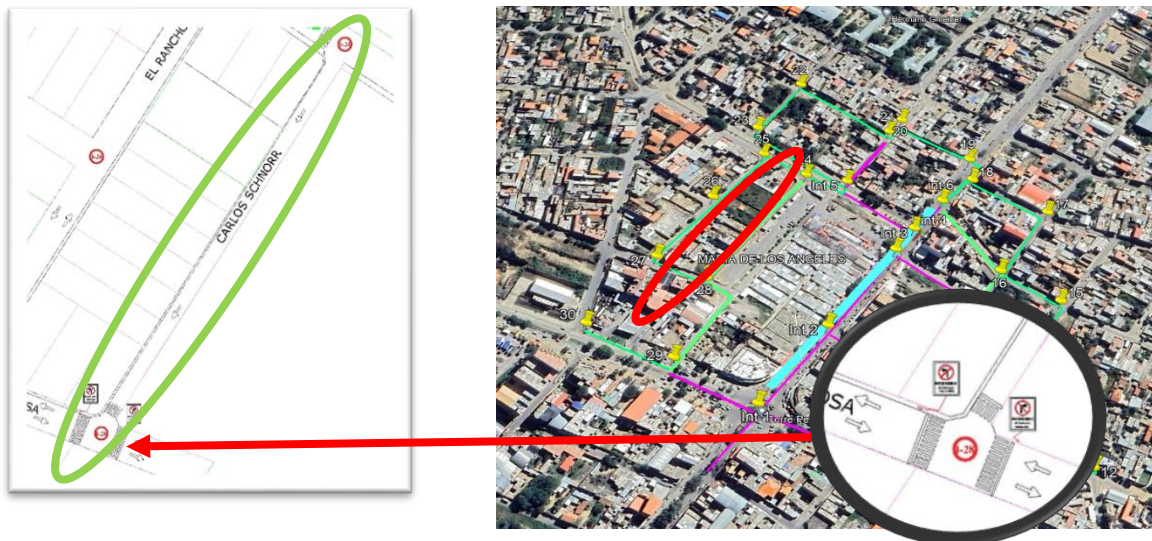
Aplicando esta medida automáticamente se puede reflejar un cambio en los niveles de servicio en las intersecciones cercanas y se presenta una comparación de los niveles en la tabla final.

4.3.2 Implementando un solo sentido de circulación en el tramo de la calle R. Marzana entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña



De igual manera aplicando esta medida automáticamente se puede reflejar un cambio en los niveles de servicio en las intersecciones cercanas y se presenta una comparación de los niveles en la tabla final.

4.3.3 Implementando un solo sentido de circulación en el tramo de la calle R. Warnes entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña



De igual manera aplicando esta medida automáticamente se puede reflejar un cambio en los niveles de servicio en las intersecciones cercanas y se presenta una comparación de los niveles en la tabla final.

Con estas medidas obtenemos la tabla de niveles de servicio que se obtendría aplicándolas en conjunto:

Tabla 14 Resumen de nivel de servicio según colorimetría

Intersección	Aceso	Nivel de servicio			
		ACTUAL	CON ALTERNATIVA	CON ALTERNATIVA A 10 AÑOS	CON ALTERNATIVA A 20 AÑOS
1	1	F	F	F	F
	2	F	F	F	F
	3	E	E	F	F
	4	E	E	E	E
2	1	E	E	F	F
	2	E	A	A	A
3	1	E	D	E	E
	2	C	A	A	A
4	1	D	D	E	E
	2	D	C	D	D
	3	D	C	C	D
5	1	C	C	D	D
	2	C	C	D	D
6	1	D	D	D	D
	2	D	D	E	E
	3	D	D	D	D
7	1	C	C	C	C
	2	E	E	E	E
	3	D	D	D	D
	4	D	E	E	E
8	1	D	C	D	D
	2	D	D	E	E
	3	D	D	D	D
	4	E	E	E	F
9	1	E	E	E	E
	2	D	E	E	E
10	1	E	E	E	E
	2	D	D	D	D
11	1	D	D	E	E
	2	C	C	D	D
	3	C	C	D	D
12	1	C	C	C	D
	2	C	C	D	D
	3	C	C	D	D
	4	B	B	C	C
13	1	C	C	D	D
	2	D	D	D	D
	3	C	C	D	D
14	1	D	D	E	E
	2	D	D	D	D
	3	C	C	D	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Resumen de nivel de servicio según colorimetría

15	1	D	D	D	D
	2	C	C	D	D
	3	C	C	C	C
	4	C	C	C	C
16	1	D	D	E	E
	2	C	C	D	D
	3	D	D	E	E
	4	C	C	C	C
17	1	C	C	D	D
	2	D	D	E	E
	3	C	C	D	D
	4	B	B	C	C
18	1	E	E	E	F
	2	E	E	E	E
19	1	D	D	E	E
	2	E	E	E	F
	3	E	E	E	F
20	1	C	C	C	C
	2	C	C	D	D
	3	D	D	E	E
21	1	C	C	C	C
	2	D	D	E	E
	3	C	C	C	E
22	1	D	D	D	D
	2	D	D	E	E
	3	D	D	D	D
	4	D	D	D	D
23	1	D	D	D	D
	2	D	D	E	E
24	1	D	D	D	D
	2	D	A	A	A
25	1	D	D	D	D
	2	D	D	E	E
26	1	D	D	D	D
	2	E	E	E	E
	3	C	C	D	D
27	1	E	E	E	E
	2	D	D	D	D
	3	C	C	D	D
28	1	D	D	E	E
	2	C	C	C	C
	3	C	C	C	C
29	1	F	F	F	F
	2	E	E	E	E
30	1	F	F	F	F
	2	D	D	D	D

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se puede observar claramente que los niveles de servicio mejoran con la solución propuesta. La tabla utiliza una colorimetría de colores para representar cada nivel de servicio, lo que facilita la visualización de las mejoras.

Tabla 15 Nivel de servicio según colorimetría

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	colorimetría
A	flujo libre	
B	flujo estable	
C	flujo estable	
D	proximo a flujo inestable	
E	flujo inestable	
F	flujo forzado	

Fuente: Elaboración propia.

Según el presupuesto de toda la alternativa global solamente la señalización tanto vertical como horizontal tiene un costo alrededor de 25.343 Bs, que representa alrededor del 39% del costo total. Es por esta razón que nuestra alternativa es global y en conjunto para que tengamos una mejora en toda nuestra zona de estudio.

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	Replanteo y trazado	pza	7,00	55,41	387,87
2	Limpieza y preparación de la zona a pintar	pza	7,00	78,47	549,29
3	Demarcado y pintado de Señalización horizontal	m²	147,52	102,63	15.139,98
4	Señalización vertical	pza	7,00	1.324,08	9.268,56
5	Excavación y cimentación de poste (semáforo doble)	pza	1,00	2.429,05	2.429,05
6	Inst. de poste de Caño Galv. 6"/Doble S/PROV	pza	1,00	2.121,12	2.121,12
7	Inst. de Gab. de cont. y control de semáforo	pza	1,00	1.136,63	1.136,63
8	Prov. e inst. de modulo semaforo veh. led 3x300mm	pza	3,00	1.532,50	4.597,50
9	Prov. y coloc. placa de contraste cabezal 3x300mm	pza	3,00	107,64	322,92
10	Prov. y coloc. Gabinete + controlador elec. 5 fases	pza	1,00	23.776,46	23.776,46
11	Prov. y colocación cable 4x1.5mm	ml	60,00	17,42	1.045,20
12	Prov. y colocación cable 7x1.5mm	ml	30,00	28,04	841,20
13	Prov. y colocación cable 12x1.5mm	ml	15,00	56,37	845,55
14	Apertura de acera de hormigón e=10cm	m²	2,25	145,15	326,59
15	Limpieza general de la obra y desmovilización	glb	1,00	878,33	878,33
Son: Sesenta y tres mil seiscientos sesenta y seis con 25/100 Bs				Precio Total (numeral):	63.666,25

4.4 Estimación del presupuesto de la alternativa de solución para un periodo a futuro de 10 años

Es importante examinar el presupuesto que involucraría aplicar nuestra alternativa de solución a lo largo de 10 años. Pero para esto debemos analizar la TABLA 14, ya que esta tabla nos muestra el comportamiento que tendremos a lo largo de 10 años. En base a este comportamiento es que se proponen implementar las siguientes señalizaciones adicionales:

- Si examinamos la intersección 19 en el acceso 2 en la Tabla 14, podemos apreciar que a 10 años el nivel de servicio se mantiene en “E” pero más próximo a un “F” por lo que se aplicará también la redistribución de tráfico vehicular implementando en el tramo entre la intersección 19 y 20 un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra, es decir en dirección de la 19 hacia la 20. Para esto es necesario colocar en la intersección 20 un letrero de prohibido giro izquierda en el acceso 1, un letrero de prohibido giro derecha en el acceso 2 y 3 líneas de paso de cebra.
- Si examinamos la intersección 5 en el acceso 1 en la Tabla 14, podemos apreciar que a 10 años el nivel de servicio ya se eleva a “D” por lo que se aplicará también la redistribución de tráfico vehicular implementando en el tramo entre la intersección 5 y 21 un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra, es decir en dirección de la 5 hacia la 21. Para esto es necesario colocar en la intersección 21 un letrero de prohibido giro derecha en el acceso 2 y 2 líneas de paso de cebra.

Implementando estas señalizaciones es que obtenemos el siguiente presupuesto general:

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	Replanteo y trazado	pza	9	55,41	498,69
2	Limpieza y preparación de la zona a pintar	pza	9	78,47	706,23
3	Demarcado y pintado de Señalización horizontal	m²	208,52	102,63	21400,41
4	Señalización vertical	pza	11	1.324,08	14564,88
5	Excavación y cimentación de poste (semáforo doble)	pza	1	2.429,05	2429,05
6	Inst. de poste de Caño Galv. 6"/Doble S/PROV	pza	1	2.121,12	2121,12
7	Inst. de Gab. de cont. y control de semáforo	pza	1	1.136,63	1136,63
8	Prov. e inst. de modulo semaforo veh. led 3x300mm	pza	3	1.532,50	4597,50
9	Prov. y coloc. placa de contraste cabezal 3x300mm	pza	3	107,64	322,92
10	Prov. y coloc. Gabinete + controlador elec. 5 fases	pza	1	23.776,46	23776,46
11	Prov. y colocación cable 4x1.5mm	ml	60	17,42	1045,20
12	Prov. y colocación cable 7x1.5mm	ml	30	28,04	841,20
13	Prov. y colocación cable 12x1.5mm	ml	15	56,37	845,55
14	Apertura de acera de hormigón e=10cm	m²	2,25	145,15	326,59
15	Limpieza general de la obra y desmovilización	glb	1	878,33	878,33
Son: Cincuenta y ocho mil ochocientos cinco con 62/100 Bs			Precio Total (numeral)		75.490,76

4.5 Estimación del presupuesto de la alternativa de solución para un periodo a futuro de 20 años

También es importante examinar el presupuesto que involucraría aplicar nuestra alternativa de solución a lo largo de 20 años. De igual manera analizamos la TABLA 14. En base al comportamiento que se presenta es que se proponen implementar las siguientes señalizaciones adicionales para este periodo de tiempo:

- Si examinamos la intersección 19 en el acceso 2 en la Tabla 14, podemos apreciar que a 20 años el nivel de servicio se eleva a "F" por lo que se aplicará también la redistribución de tráfico vehicular implementando en el tramo entre la intersección 19 y 20 un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra, es decir en dirección de la 19 hacia la 20. Para esto es necesario colocar en la intersección 20 un letrero de prohibido giro izquierda en el acceso 1, un letrero de prohibido giro derecha en el acceso 2 y 3 líneas de paso de cebra.

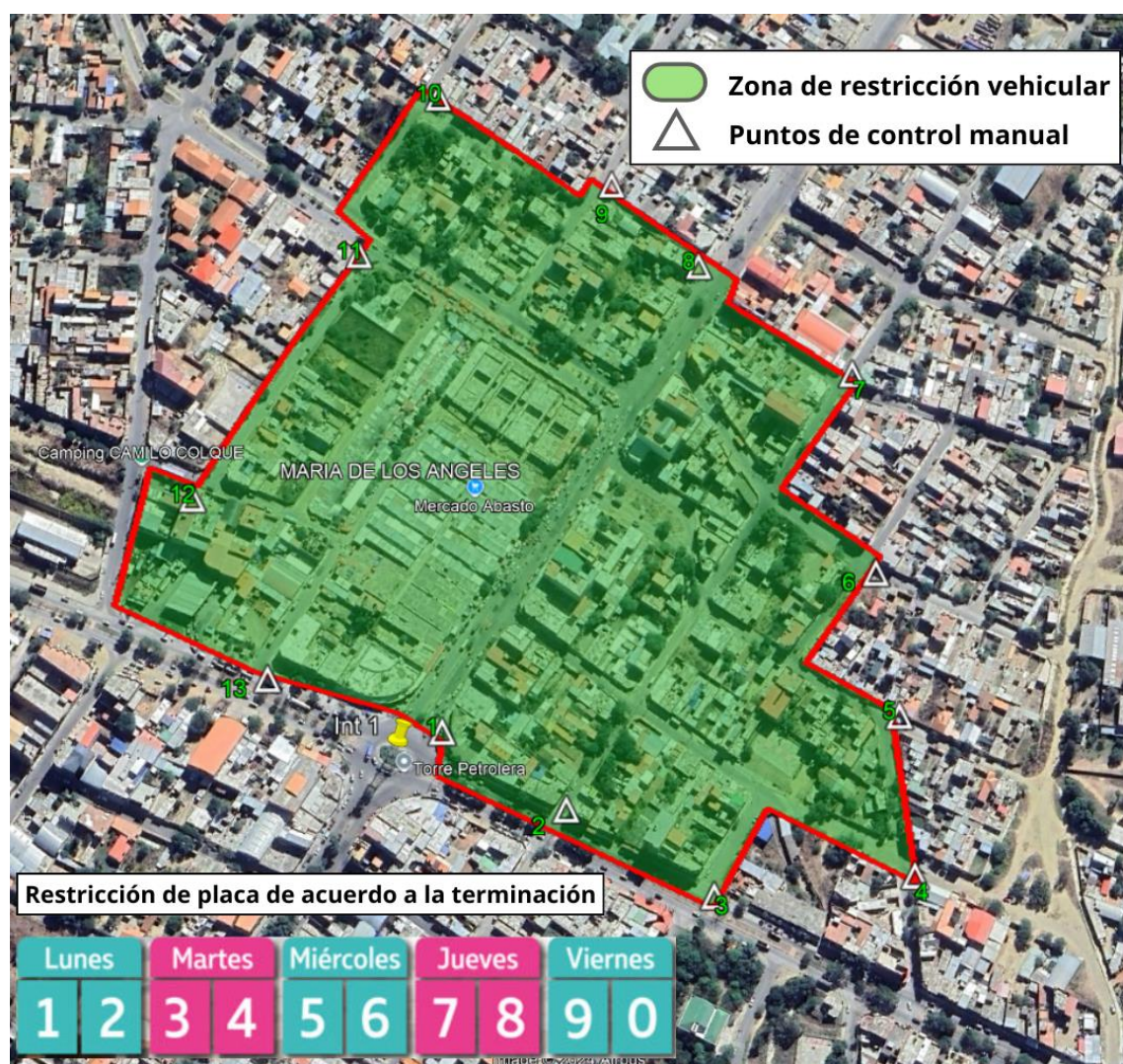
- Si examinamos la intersección 5 en el acceso 1 en la Tabla 14, podemos apreciar que a 20 años el nivel de servicio igual se eleva a “D” por lo que se aplicará también la redistribución de tráfico vehicular implementando en el tramo entre la intersección 5 y 21 un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra, es decir en dirección de la 5 hacia la 21. Para esto es necesario colocar en la intersección 21 un letrero de prohibido giro derecha en el acceso 2 y 2 líneas de paso de cebra.
- Si examinamos la intersección 16 en el acceso 1 y el acceso 3 en la Tabla 14, podemos apreciar que a 20 años el nivel de servicio se eleva a “E”, ambos accesos pertenecientes a la calle Timoteo Raña, por lo que en esta intersección se colocarán señalizaciones verticales de “PARE” en los dos accesos perpendiculares, es decir en el acceso 2 y 4 debido la Timoteo Raña presenta una pendiente muy pronunciada en esta intersección y también se colocará 4 líneas de paso de cebra.

Implementando estas señalizaciones es que obtenemos el siguiente presupuesto general:

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
1	Replanteo y trazado	pza	10	55,41	554,1
2	Limpieza y preparación de la zona a pintar	pza	10	78,47	784,7
3	Demarcado y pintado de Señalización horizontal	m²	271,72	102,63	27886,62
4	Señalización vertical	pza	13	1.324,08	17213,04
5	Excavación y cimentación de poste (semáforo doble)	pza	1	2.429,05	2429,05
6	Inst. de poste de Caño Galv. 6"/Doble S/PROV	pza	1	2.121,12	2121,12
7	Inst. de Gab. de cont. y control de semáforo	pza	1	1.136,63	1136,63
8	Prov. e inst. de modulo semaforo veh. led 3x300mm	pza	3	1.532,50	4597,5
9	Prov. y coloc. placa de contraste cabezal 3x300mm	pza	3	107,64	322,92
10	Prov. y coloc. Gabinete + controlador elec. 5 fases	pza	1	23.776,46	23776,46
11	Prov. y colocación cable 4x1.5mm	ml	60	17,42	1045,2
12	Prov. y colocación cable 7x1.5mm	ml	30	28,04	841,2
13	Prov. y colocación cable 12x1.5mm	ml	15	56,37	845,55
14	Apertura de acera de hormigón e=10cm	m²	2,25	145,15	326,5875
15	Limpieza general de la obra y desmovilización	glb	1	878,33	878,33
Son: Cincuenta y ocho mil ochocientos cinco con 62/100 Bs			Precio Total (numeral)		84.759,01

4.6 Segunda alternativa de solución con restricción vehicular según la terminación de placas

Como una segunda alternativa de solución para el problema del congestionamiento vehicular en la zona del mercado abasto se plantea la restricción de circulación vehicular según la terminación de placas. Esto consiste en prohibir el tránsito de los automóviles cuyos últimos números de la placa vehicular terminan en alguno de los dos dígitos fijados como restringidos para cada día hábil. Esto aplica tanto para vehículos del transporte público como para el privado.



La restricción vehicular que se propone es similar a la que se usa actualmente en la ciudad de La Paz, vale decir que los motorizados cuyas placas terminan en 1 y 2 no ingresarán el lunes al área de restricción en la zona del Mercado Abasto, 3 y 4 el martes, 5 y 6 el miércoles, 7 y 8 el jueves, y 9 y 0 el viernes. Esto será en los horarios de 7:00 a 20:00 cubriendo un área total de 14 hectáreas. El sistema tendrá un total de 13 puntos de control manual, la aplicación de esta medida tendría que ser coordinada entre funcionarios municipales y efectivos policiales en toda el área de restricción.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se realizó un primer día de aforo para poder determinar las 3 horas pico en la avenida Froilán Tejerina, esto se realizó desde las 06:00 hasta las 21:00 horas en el sentido A y el sentido B, es decir de ida y vuelta. Se lo realizó en una sección previa a intersección 1 ya que es el sector más representativo y congestionado de la zona en estudio. Con esta medición y graficando un histograma obtuvimos que las horas pico son de 7:00 a 8:00, de 12:00 a 13:00 y de 19:00 a 20:00.
- Se realizó el aforo manual de vehículos en todas las intersecciones previamente definidas mediante la metodología establecida, siguiendo las directrices y criterios que se sugieren y mencionan en la AASHTO y el HCM, durante 3 horas del día determinadas como horas pico, durante 3 días de la semana, martes, jueves y sábado, durante 4 semanas. Obteniendo volúmenes máximos de hasta 794 veh/hr en la avenida Froilán Tejerina.
- Se logró determinar los promedios de volúmenes de tráfico de manera exitosa en las 30 intersecciones, con estos valores se obtuvieron también los porcentajes de giros y el porcentaje de vehículos pesados.
- Se realizó de igual manera la medición de tiempos de circulación, de retardo y de punto bajo la misma metodología que para los volúmenes, es decir se midió dichos tiempos en los mismo horarios pico que se usaron para los aforos vehiculares y en los mismos días durante 4 semanas.
- Se determinaron las velocidades de recorrido, de punto y velocidades crucero en función a los tiempos medidos. Obteniendo que tanto en el sentido A como en el B existen velocidades de recorrido más bajas son en los horarios de 12:00 a 13:00, de 14,45 km/hr y 9,55 km/hr respectivamente. En velocidades de punto en el sentido A obtuvimos 18,55 km/hr y en el sentido B 17,58 km/hr, esto reflejando una diferencia notoria con la velocidad de recorrido debido a que la velocidad de punto es a flujo libre. En velocidad crucero en el sentido A obtuvimos 21,49 km/hr y en el sentido B

14,47 km/hr como las más bajas igual en los mismos horarios de 12:00 a 13:00 concluyendo que el sentido A es el que tiene mejor circulación.

- Se realizó también los estudios de capacidades y niveles de servicio en todas las intersecciones y sus accesos, llegando a apreciar que los niveles de servicio en su mayoría son bajos y lo que verifica las malas condiciones de circulación de la zona. Obtuvimos niveles de servicio de hasta “F” y “E” en los accesos ubicados sobre la avenida Froilán Tejerina.
- Se planteó en base a todos los resultados como alternativa de solución la redistribución de tráfico vehicular, que contiene: implementar en ciertos tramos de calles un solo sentido de circulación a lo largo de una cuadra como en la calle Reg. Warnes (entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña), Regimiento Marzana (entre Froilán Tejerina y Timoteo Raña) y Carlos Schnorr (entre B. Bilbao Rioja y Tolomosa), complementada con señalización tanto horizontal como vertical. Implementar tachas reflectivas y un semáforo en la intersección 4.
- Para el estudio de señalización se plantean señalización vertical y horizontal de acuerdo con la alternativa de solución propuesta. Esto afectando a las intersecciones 2, 3, 4, 7, 8, 24 y 28. También se analizó el incremento de señalización necesaria en función de los volúmenes proyectados, por lo que a 10 años se afecta también a la intersección 20 y 21. Y para 20 años también se incrementa señalización adicional a la intersección 16.
- Se realizó el cálculo de niveles de servicio de las calles ya mencionadas aplicando la alternativa de solución. Y como resultado los niveles de servicio mejoraron de E a D en el acceso 1 de la intersección 3, de D a C en el acceso 3 de la intersección 4 y de D a C en el acceso 2 de la misma intersección. Este último nivel de servicio ya siendo afectado con la restricción de giro a la izquierda en dicho acceso e intersección.
- Para la intersección 4 también se propuso el uso de tachas reflectivas y un semáforo para turnar la circulación de los vehículos del acceso 1 de la intersección 4 con los vehículos del acceso 3 que giran a la izquierda en dirección de la Av. Bernardino Bilbao Rioja, esto para evitar los congestionamientos que ya existen actualmente en esta intersección. También controlando el ingreso de los vehículos del acceso 2.

- Como conclusión, la alternativa de solución de redistribución de tráfico vehicular resulta altamente beneficiosa, ya que permite mejorar significativamente los niveles de servicio, llevándolos a condiciones óptimas. Este análisis no solo ayuda a aliviar la congestión vehicular, sino que también contribuye a una gestión más eficiente del tráfico, mejorando la seguridad y la movilidad en la zona.
- También se proyectaron los volúmenes de tráfico para 10 y 20 años, calculándose sus respectivos niveles de servicio. De igual manera, se realizó la proyección de volúmenes de tráfico aplicando la alternativa de solución planteada en los mismos intervalos de tiempo, así mismo se volvió a calcular los niveles de servicio y con estos se puede apreciar que hay mejoría en la circulación vehicular, por lo que la solución propuesta es viable.
- Se realizó la estimación del presupuesto que se necesitaría para implementar nuestra alternativa de solución a futuro en un lapso de 10 y 20 años, para esto se examinó la Tabla 14 en donde se evidenció que a futuro se necesitarían implementar la redistribución de tráfico en dos tramos más, comprendidos entre las intersecciones 19 a 20 y 5 a 21. Esto representando la necesidad de aumentar señalización horizontal y vertical en dichos tramos. También se aumentó dichas señalizaciones en la intersección 16. Luego se presentó los presupuestos generales correspondientes para 10 y 20 años. Obteniendo que implementar nuestra alternativa de solución en el tiempo actual tendría un costo de 63.666,25 Bs. Implementarla dentro de 10 años tendría un costo de 75.490,76 Bs e implementarla en 20 años un costo de 84.759,01 Bs.
- También se propone una segunda alternativa de solución para la problemática que consiste en la restricción de circulación vehicular según la terminación de placas. Esto aplicando tanto para vehículos del transporte público como para el privado. La restricción sería que las placas que terminan en 1 y 2 no ingresarán el lunes al área de restricción en la zona del Mercado Abasto, 3 y 4 el martes, 5 y 6 el miércoles, 7 y 8 el jueves, y 9 y 0 el viernes.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que las autoridades realicen políticas y campañas de concientización a los vendedores ambulantes de la zona para un mejor funcionamiento en general.
- Se recomienda que la alcaldía haga respetar los espacios públicos que invaden de los comerciantes en la avenida Froilán Tejerina mediante controles rutinarios y exhaustivos.
- Se recomienda implementar campañas de educación vial que involucren a la población en general. Es fundamental que todos adquieran conocimientos sobre las normas viales y su importancia. Al respetarlas, contribuimos a la seguridad vial y reducimos los accidentes de tráfico. Estas campañas deben incluir actividades educativas, materiales informativos y programas de sensibilización para fomentar una cultura de respeto y responsabilidad en las vías.
- Para garantizar el éxito del proyecto, es esencial que tanto los conductores como los peatones obedezcan las señales de tránsito. De este modo, se logrará disminuir la congestión vehicular y mejorar la fluidez del tráfico.
- Se recomienda implementar las señalizaciones verticales y horizontales a la zona de estudio para dar mejoría a corto plazo a la circulación de tráfico vehicular.