

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

No es el espacio lo que determina las acciones de los individuos, sino que es más bien el orden social establecido el que determina a través de conflictos internos la estructuración de la espacialidad urbana, (Castells, 1983).

Desde hace muchos años atrás el índice de incremento vehicular en la ciudad de Tarija es muy alto y está en constante ascenso progresivo, por lo que, en algunas vías más importantes de la ciudad de un tiempo a esta parte, el flujo vehicular se tornó caótico, especialmente en horas y días pico. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando principalmente por no haberse realizado la regularización respectiva del incremento de líneas de servicio de tráfico público que pasan por las vías más críticas del centro de la ciudad y de zonas conflictivas. Pero al margen de lo transcurrido a través del tiempo también influyeron otros factores para el problema de congestionamiento tanto vehicular como de peatones como por ejemplo los que mencionamos a continuación:

- ❖ El desordenado y elevado índice de incremento demográfico y catastral de la ciudad, que dio lugar a la creación desordenada de nuevas líneas de transporte público, que al igual que las líneas ya existentes pasan o tienen su recorrido por los tramos más conflictivos de nuestra ciudad.
- ❖ El elevado índice de incremento del parque automotor que de acuerdo al RUAT Tarija es del 5,5% anual, influyó en el sector del transporte público lo que tuvo como consecuencia la adición de las frecuencias de servicio por los tramos mencionados.

Para poder conocer un poco sobre el crecimiento vehicular de la ciudad de Tarija, conoceremos en grandes rasgos el crecimiento a nivel nacional de cada departamento para después desglosar el crecimiento vehicular de la ciudad por ocupación y tipo de vehículo.

En el siguiente cuadro se muestra la variación en porcentaje de crecimiento vehicular de cada departamento.

Tabla 1.1. Parque automotor, según departamento, 2021- 2022

Departamento	2021		2022		Variación porcentual
	Número de vehículos	participación porcentual	Número de vehículos	participación porcentual	
Chuquisaca	84.473	3,8	91.363	3,7	8,2
La Paz	517.277	23,2	552.898	22,2	6,9
Cochabamba	478.251	21,5	522.575	21,0	9,3
Oruro	111.767	5,0	120.978	4,9	8,2
Potosí	76.650	3,4	83.282	3,3	8,7
Tarija	125.024	5,6	137.361	5,5	9,9
Santa cruz	774.472	34,8	873.477	35,0	12,8
Beni	52.037	2,3	57.817	2,3	11,1
Pando	67.110	0,3	54.002	2,2	704,7
Total	2.226.662	100	2.493.753	100	12,0

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT) Instituto Nacional de Estadística

Tomando en cuenta que el índice de crecimiento vehicular entre los años 2021 y 2022 es de 5,55% y esperando que en el futuro se mantenga o mayorice, haremos una tabla de la proyección esperada para años futuros.

Tabla 1.2. Parque automotor de Tarija, según tipo de servicio, 2019- 2025

Tarija/ tipo de servicio	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Particular	107.826	111.463	117.546	127.797	134.826	142.241	150.065
Público	3.671	3.914	4.431	6.358	6.708	7.077	7.466
Oficial	2.926	3.062	3.047	3.206	3.382	3.568	3.765
Total	114.423	118.439	125.024	137.361	144.916	152.886	161.296

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT) Instituto Nacional de Estadística

Nota: los valores obtenidos de los meses 2023, 2024, 2025, son valores aproximados referenciales aplicando un índice de crecimiento de 5,55, mas no oficiales.

En la siguiente tabla se puede apreciar el crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija, dependiendo del tipo de servicio y clase de vehículo.

Tabla 1.3. Parque automotor de la ciudad de Tarija, según tipo de servicio y clase de vehículo, 2013- 2022

Tipo de servicio ⁽²⁾ /Clase de vehículo	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	71.835	79.431	87.301	95.711	102.203	108.596	114.423	118.439	125.024	137.360
Particular	67.243	74.204	81.773	89.607	96.154	102.278	107.827	111.463	117.546	127.797
Ambulancia ⁽³⁾	0	0	0	0	0	0	13	40	39	39
Automóvil	13.061	14.108	15.208	16.446	17.440	18.378	19.297	19.732	20.305	21.636
Bus ⁽¹⁾	235	239	259	275	275	295	295	303	286	328
Camión	6.340	6.587	6.775	7.034	7.096	7.248	7.355	7.355	7.378	7.859
Camioneta	9.152	9.972	10.745	11.650	12.349	13.017	13.510	13.690	14.067	14.873
Furgón	97	121	133	157	195	223	244	244	252	263
Jeep	2.347	2.442	2.488	2.598	2.617	2.653	2.667	2.682	2.711	2.975
Microbús	981	1.028	1.047	1.032	1.015	975	934	930	922	952
Minibús	1.070	1.155	1.230	1.318	1.388	1.441	1.474	1.495	1.512	1.608
Moto	11.642	15.319	19.408	23.181	26.717	29.903	32.904	35.402	39.813	45.576
Quadra-Trac	32	46	70	86	96	107	117	122	139	153
Torpedo	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
Tracto - Camión	302	350	362	404	405	418	446	449	457	471
Trimóvil - Camión	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Vagoneta	21.980	22.833	24.045	25.423	26.557	27.616	28.567	29.015	29.660	31.059
Público	2.435	2.689	2.800	3.228	3.132	3.328	3.670	3.914	4.430	6.358
Automóvil	327	342	342	532	385	393	445	477	541	1.349
Bus ⁽¹⁾	205	206	208	251	231	234	235	235	243	376
Camión	626	613	619	664	663	662	709	751	839	1.107
Camioneta	72	76	73	77	75	81	98	136	208	347
Furgón	0	1	2	2	3	6	11	19	25	32
Jeep	1	1	1	1	1	2	4	5	11	28
Microbús	438	439	424	445	439	439	453	457	460	557
Minibús	102	120	127	137	141	187	242	261	290	352
Moto	0	14	16	48	53	69	78	88	118	254
Quadra-Trac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torpedo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tracto - Camión	280	319	392	422	473	519	585	626	684	755
Trimóvil - Camión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vagoneta	384	558	596	649	668	736	810	859	1.011	1.201
Oficial	2.157	2.538	2.728	2.876	2.917	2.990	2.926	3.062	3.048	3.205
Ambulancia ⁽³⁾	0	0	0	0	0	0	31	67	52	48
Automóvil	22	22	22	22	22	23	21	25	30	36
Bus ⁽¹⁾	8	16	19	20	20	20	31	35	35	47
Camión	395	474	535	564	577	580	589	596	591	611
Camioneta	537	593	638	690	671	691	678	703	690	741
Furgón	8	10	10	10	10	11	10	11	14	14
Jeep	67	85	86	95	90	93	93	93	93	120
Microbús	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Minibús	9	14	14	15	15	15	17	18	18	20
Moto	846	976	1.028	1.066	1.110	1.118	1.051	1.137	1.151	1.175
Quadra-Trac	37	76	79	83	90	90	90	90	87	87
Torpedo	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Tracto - Camión	16	21	22	23	24	25	25	25	24	24
Trimóvil - Camión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vagoneta	210	235	259	272	272	308	274	246	247	266

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT) Instituto Nacional de Estadística

- (1) El RUAT por razones técnicas tributarias realizó el cambio del nombre de la categoría Ómnibus a Bus, debido a la implementación del proceso de homologación de esta clase de vehículos en todos los municipios
- (2) El RUAT a solicitud de los gobiernos municipales, en el 2017 implementó la actualización de la tarjeta de operación anual para la categorización del tipo de Servicio Público. Por lo que algunos de los vehículos que no cumplieron con este requisito, están registrados en el tipo de Servicio Particular a partir de 2017.
- (3) A partir del año 2019, el RUAT por razones tributarias y a solicitud de los gobiernos municipales, implementa el proceso de homologación de la clase de vehículo Ambulancia. El análisis y la evaluación de una red urbana puede ayudar al mejoramiento de su capacidad vial, cuantificar la seguridad y ayudar a decidir entre diferentes alternativas. En la evaluación de redes urbanas es necesario tomar en consideración ciertos criterios para la correcta funcionalidad de las mismas. Tales criterios tienen base en el volumen vehicular, retrasos generados por los controladores de tránsito y la saturación de flujo vehicular.

Además, uno de los objetivos que se persigue al diseñar una red urbana es minimizar el número y potenciales eventos que pudieran traducirse en accidentes, a la vez de facilitar la comprensión y movimientos a través de ella por parte de los usuarios, con los estándares más altos de seguridad. En este punto es donde radica la importancia de realizar estudios rápidos conducentes a evaluar la seguridad en las redes, así como también ir evaluando de manera pronta las mejoras efectuadas.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN

En los tiempos actuales ha existido un incremento del parque automotor en las ciudades urbanas cuya consecuencia del mayor volumen de tráfico en vías urbanas genera mayor conflicto en la circulación vehicular, dentro de las cuales es importante identificar, estudiar y plantear mejoras en la circulación en redes urbanas que se identifican como redes críticas en la circulación de tráfico.

Para lograr una evaluación real de las condiciones de tráfico en vías urbanas que son más críticas es necesario realizar un estudio de tráfico orientado a identificar las redes urbanas más críticas en la circulación vehicular.

Inicialmente debe realizarse una evaluación diagnóstica de la circulación del tráfico en la ciudad de Tarija para identificar las posibilidades de redes urbanas de circulación de tráfico, pudiendo ser redes de tráfico Norte-Sur, Sur-Norte; Este-Oeste, Oeste-Este, Norte-Este, Norte-Oeste, etc.

Establecer una metodología de asignación en función al peso de volumen de tráfico en cada una de las vías sobre todo en horas pico donde se generan los mayores problemas de circulación.

A partir de la metodología y con la información diagnóstica se asignan las redes urbanas críticas o principales en la ciudad de Tarija, de manera que sea el aporte académico para que autoridades de la ciudad puedan realizar actividades concretas en mejorar las condiciones físicas y seguridad vial en dichas redes urbanas.

Es necesario disponer de un documento que sea basado en la ingeniería de tráfico las redes urbanas más críticas en la circulación vehicular que requieren mayor atención por parte de conductores, peatones e instituciones de regulación, que permitan mejorar las condiciones de circulación en dichas zonas.

Significará un aporte académico importante porque no existen estudios de ese enfoque, por lo que se hace imperioso la necesidad de profundizar para que el documento resulte un producto de consulta.

El documento resultante se convertirá inicialmente es una especie de guía para que las entidades relacionadas con la regulación de la circulación del tráfico en ciudades urbanas en crecimiento.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación problemática

En los tiempos actuales el incremento del parque automotor en los países da como consecuencia un mayor volumen de tráfico en vías urbanas lo cual ha originado el incremento del congestionamiento vehicular, accidentes de tráfico y pérdida de vidas humanas, y es que no solo importa que las vías urbanas tengan un buen diseño geométrico y estructural que desde el punto de vista técnico sea satisfecho, sino que los diseños deben

pretender a obtener una mayor fluidez vehicular y seguridad vial. Para lograr una mejoría en los aspectos antes ya mencionados en vías urbanas deben profundizarse los estudios e investigaciones sobre los elementos que están directamente vinculados con la fluidez vehicular y seguridad vial e impulsar que en las construcciones de las vías urbanas se tomen en cuenta estos elementos que conseguirán en parte una mejoría en las vías urbanas de nuestra ciudad.

Particularmente en nuestro medio la concientización sobre la importancia fluidez vehicular y la seguridad vial aun es precaria, aun así, consideramos muy importante desde el punto de vista ingenieril introducir el análisis técnico de estos elementos para que las instituciones, consultoras y constructoras del área de las carreteras vayan introduciendo en sus proyectos la disposición de elementos vinculados a estos aspectos.

Significa un aporte académico importante por su estudio ya que es muy vago en las materias de la carrera de ingeniería civil por lo que se hace importante la necesidad de profundizar para que el documento resulte un producto de consulta.

1.3.2. Problema

Será que; ¿a partir de una evaluación del comportamiento del tráfico vehicular y el estudio de los parámetros del mismo, podrá establecerse una metodología de asignación de tráfico que nos permita mejorar las condiciones del mismo en las redes urbanas críticas de la ciudad de Tarija?

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo general.

Realizar una propuesta metodológica de asignación de tráfico, para la proyección de redes urbanas críticas en la ciudad de Tarija, utilizando como información el comportamiento de tráfico vehicular que permita proyectar a futuro mejores condiciones del mismo en las redes urbanas críticas.

1.4.2. Objetivos específicos.

- ❖ Analizar los aspectos generales de las redes urbanas de tráfico para así determinar las redes urbanas críticas de la ciudad de Tarija.

- ❖ Determinar las características físicas y de comportamiento vehicular en el área de estudio ya determinado.
- ❖ Describir los conceptos y características particulares de las redes urbanas críticas de la ciudad de Tarija.
- ❖ Realizar un estudio de volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio, semaforización, señalización, en las redes urbanas críticas.
- ❖ Elaborar el análisis de resultados de las redes urbanas criticas estudiadas.
- ❖ Proponer acciones correctivas para las vías urbanas dentro de las redes urbanas críticas en la circulación vehicular.

1.5. HIPOTESIS

Si, determinamos las condiciones de circulación en las redes urbanas criticas tomando parámetros del comportamiento del tráfico, entonces podremos proyectar las redes urbanas de tráfico críticas donde se tenga la mayor circulación vehicular para asignar mejores condiciones de tráfico.

1.6. DEFINICION DE VARIABLES

1.6.1. Variable independiente

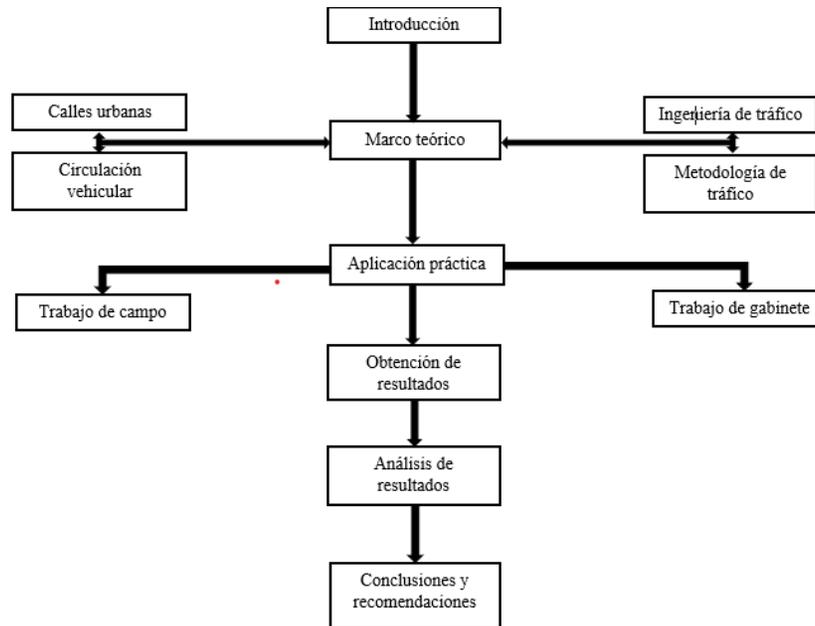
La variable independiente es la circulación (volumen) de vehículos en vías urbanas.

1.6.2. Variable dependiente

La variable dependiente será el comportamiento del tráfico en las redes urbanas más críticas a partir de los parámetros de tráfico en dichas redes urbanas proyectadas.

1.7. DISEÑO METODOLÓGICO

Figura 1.1. Diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia

La presente metodología desarrollada pretende innovar el estudio de tráfico en la ciudad de Tarija.

En primer lugar, se estudiará conceptos necesarios para poder desarrollar el trabajo, posteriormente será desarrollada de acuerdo a las características geométricas, físicas, la señalización que posee, el aforo de vehículos que circulan por las redes en estudio.

Una vez obtenidos valores numéricos se realizará un análisis evaluativo con el volumen, capacidad, nivel de servicio y se definirá algún planteamiento de solución.

1.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance del proyecto de grado tendrá tres componentes:

- ❖ El marco teórico donde se desarrollará todo lo referente a la ingeniería de tráfico, los parámetros fundamentales, redes urbanas de circulación vehicular, estudios de tráfico en parámetros y bases para una metodología de asignación de tráfico en redes urbanas.
- ❖ En esta primera parte también se desea explicar los motivos por los cuales se ve la necesidad de la realización de este proyecto, justificado por el problema de

congestionamiento que sufre actualmente la ciudad de Tarija debido al crecimiento del parque automotor de nuestra ciudad que trajo consigo problemas de congestionamiento de tráfico vehicular en las vías principales de la ciudad y conexiones del entorno del casco viejo tanto a conductores, peatones y a la población en general.

- ❖ Establecer una metodología para la asignación de tráfico en redes urbanas críticas aplicadas a la ciudad de Tarija.
- ❖ En la Aplicación Práctica se tomarán como muestra 6 redes de asignación de tráfico críticas en la ciudad de Tarija aplicando la metodología que nos muestre comportamiento de las redes urbanas en con respecto a las condiciones de tráfico.
- ❖ Proponer acciones a realizar en las redes urbanas elegidas con el propósito de mejorar las condiciones de circulación vehicular.
- ❖ Establecer condiciones de comportamiento del tráfico en redes urbanas.

El trabajo consistirá realizar aforos de la circulación de vehículos sobre los tramos asignado, además evaluar el parque automotor de las distintas zonas de la ciudad de Tarija.

La zona de estudio comprendería:

❖ **Norte – Sur**

- Calle Cochabamba entre Méndez y Ballivián
- Avenida Belgrano entre Avenida La Paz y baden quebrada el monte

❖ **Sur – Norte**

- Avenida circunvalación entre Froilán Tejerina y Monseñor Font

❖ **Oeste - este**

- Calle Junín entre Avenida Víctor Paz y Avenida Circunvalación
- Calle Narciso Campero entre Avenida Las Américas y Calle Cochabamba

❖ **Este - Oeste**

- Ingreso a San Luis, Avenida Alto de la Alianza entre Avenida Víctor Paz
- RN1 y Cap. Arturo Valle Peralta.

Como parte importante del congestionamiento en vías urbanas críticas se realizará también el estudio de todos los elementos de la ingeniería de tránsito y de los parámetros que intervienen en el tráfico, describiendo y analizando las intensidades del tráfico, los

diferentes tipos de volúmenes que existen y la diferencia que tienen con la intensidad, de forma conjunta se explicará y estudiará los tipos de aforos existentes y los periodos más relevantes para la determinación adecuada de la intensidad y volumen de tránsito.

Una vez finalizada la parte práctica se deberá hacer un análisis detallado y completo de los resultados obtenidos, con estos parámetros de la ingeniería de tráfico que son los más importantes se podrá conocer la situación actual del comportamiento del tráfico vehicular en el área de estudio y así también se podrá establecer la metodología de asignación de tráfico, misma que es el objetivo principal del trabajo.

Se establecerán conclusiones y recomendaciones a partir de la realización de la aplicación práctica en los tramos de estudio.

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES
SOBRE LA INGENIERÍA
DE TRÁFICO Y REDES
URBANAS

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y REDES URBANAS

2.1. INGENIERÍA DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería cuyo objetivo es estudiar, analizar y dar soluciones a la problemática del transporte.

Se entiende por transporte a toda forma o medio de llevar de un punto a otro pasajeros o cargas.

Es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir de los análisis de estos se plantean soluciones reales y adecuados. Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2.1.1. Elementos fundamentales de la ingeniería de tráfico

2.1.1.1. Elemento usuario

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

❖ Conductor

Figura.2.1. Conductor



Fuente: Elaboración propia

El conductor es considerado en forma individual o colectiva aquella persona que maneje un vehículo motorizado que circula en el tráfico. Este elemento está

sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y a las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

La cualidad física está basada en el órgano de la visión que es el que le dé facultad para conducir un vehículo este órgano de la visión normalmente un conductor forma un cono visual cuya amplitud puede ser variable sin embargo en estudios realizados se ha comprobado que una visión segura se produce considerando una amplitud de ángulo de 10° a partir del órgano de la visión donde todos los objetos son identificados con tal claridad más allá de esta amplitud puede el conductor visualizar pero sin detalle a los objetos.

Existen algunos defectos en la visión que pueden ser perjudiciales o no en los conductores entre ellos la miopía, el astigmatismo, el estrabismo, la presbicia, etc. son considerados no perjudiciales ya que se pueden corregir por medio de lentes, gracias a este recurso no hay razón para impedir que un individuo con estos defectos pueda conducir vehículo.

Sin embargo, hay otros defectos como el daltonismo cuya consecuencia es la no distinción de colores que puede ser perjudicial en un conductor para efectos de señalización y semaforización. los conductores tienen dos tipos de reacciones una física o condicionada y otra psicológica o no condicionada.

La reacción física condicionada está referida a los aspectos de habilidad y hábito un conductor puede tener una mayor o menor habilidad debido al tiempo dentro del manejo vehicular a las condiciones de destreza y facilidad que tienen cada individuo y a las condiciones de hábitos a las que está sometido debido a la repetición de acciones diarias que puede tener un conductor al utilizar ciertas rutas de circulación diariamente. Se consideran condicionada porque tienen ese efecto en el momento de reacción.

Existen otras reacciones que son psicológicas o no condicionadas que dependen más de aspectos emocionales a las que puede estar sometido un individuo en cierto momento, siendo estas emociones las que van al cerebro y a través de los

órganos sensitivos se envía un mensaje para reaccionar y tomar una decisión para actuar como una orden al musculo apropiado.

Algunos factores que pueden modificar el comportamiento del individuo por consiguiente el mismo tiempo de reacción son:

- La fatiga
- Enfermedad provocada por el alcohol
- Estado emocional
- Las condiciones del tiempo
- La época del año

Estos tiempos de reacción que tienen los conductores y que dependen de estos factores tanto físicas como psicológicas han sido estudiados la AASHO recomienda al proyectar carreteras adopta como tiempos de reacción para frenar 2,5 seg., en cada caso de vías urbanas este valor puede ser 0,75 a 1 seg., el cansancio, enfermedades, defectos físicos o edad del conductor pueden afectar al tiempo para reaccionar y los valores pueden ser en un 50% más.

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

- Poseer reacciones buenas a los estímulos visuales
- Calcular correctamente las distancia y velocidades de acuerdo con el movimiento de los vehículos y peatones.
- Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia
- Tener aptitud mecánica y habilidad para el vehículo
- Ser personas de confianza prontas a sumir responsabilidades y respetar el derecho de los demás.

❖ El peatón

Figura. 2.2. peatón



Fuente: Elaboración propia

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.

La velocidad con que transitan los peatones es ciudades de más de 100.000 habitantes esta entre 1 y 1,4 m/seg. y en ciudades con menor de 100.000 habitantes las velocidades de circulación peatonal son menores a 1 m/seg., estos son parámetros generales tomando zonas comerciales sin embargo puede haber muchas diferencias entre ciudades y en cada punto crítico donde haya afluencia de gente.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico del área urbana y no así en las carreteras donde su incidencia es casi mínima.

De acuerdo a 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.

2.1.1.2. Elemento vehículo

Figura. 2.3. Vehículo siglo XIX



Fuente: Elaboración propia

Figura. 2.4. Vehículo siglo XXI



Fuente: Elaboración propia

El vehículo como elemento fundamental es necesario conocerlo desde varios puntos de vista como ser:

❖ **Características Físicas**

El vehículo ha tenido desde sus inicios una constante transformación en cuanto a sus características físicas de ancho y largo sin embargo la tendencia actual es la de estandarizar estas dimensiones en todas las fábricas habiendo la tendencia de reducir las dimensiones y aumentar la potencia y velocidad.

Estas dimensiones sin embargo varían de acuerdo a los tipos de vehículos considerando como tipos de vehículos a los automóviles, camiones y autobuses, Los automóviles los consideramos aquellos que tienen 4 ruedas en los que están incluidos los jeeps y camionetas pequeñas; los camiones son aquellos que los

consideramos para transporte de carga normalmente tienen 6 ruedas o más estos pueden ser simples o combinados, los simples son los que tienen solo dos ejes y los combinados son los que tienen más de dos ejes que pueden tener remolque o semiremolque. Finalmente, autobuses consideramos a los vehículos para transporte de pasajeros con una capacidad de más de 24 personas.

A continuación, indicaremos algunas dimensiones más o menos comunes de acuerdo a los tipos de vehículos.

Tabla 2.1. Características físicas de los automóviles

Dimensión	Máxima (mt)	Mínima (mt)
Ancho	2,06	1,14
Largo	6,00	4,56
Alto	1,75	1,25

Fuente: Guía de Ingeniería de Tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

Tabla 2.2. Características físicas de los camiones

Dimensiones	Mínima (mt)	Máxima (mt)
Ancho	1,88	2,44
Largo	5,75	11,00
Alto	1,75	3,81

Fuente: Guía de Ingeniería de Tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

Tabla 2.3. Características físicas de los autobuses

Dimensiones	Mínima (mt)	Máxima (mt)
Ancho	2,44	2,44
Largo	7,15	12,25
Alto	2,44	2,90

Fuente: Guía de Ingeniería de Tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

❖ **Características que inciden en la circulación**

• **Radio de giro**

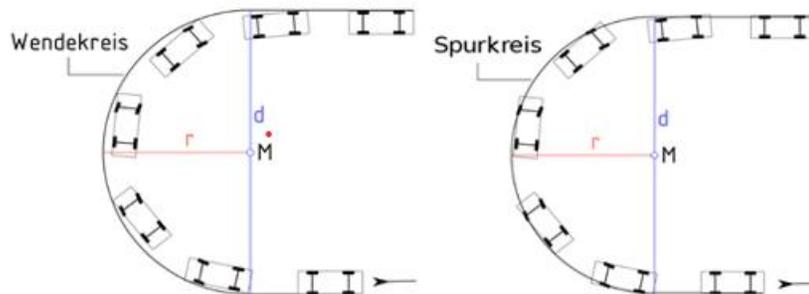
Se entiende por radio de giro la trayectoria que sigue un vehículo al girar su eje delantero de tal manera que tenga una trayectoria circular que marque el espacio necesario para cambiar de sentido en un ángulo de 180° o para girar un vehículo en una trayectoria curva. Normalmente se eligen vehículo

tipo los cuales tienen definido la trayectoria con valores de giro máximo, mínimo y promedio como se muestran en las figuras anteriores.

Los diferentes fabricantes hacen que estas especificaciones sobre radio de giro sean conocidas para cada tipo de vehículos, siendo sin duda las más importantes las de vehículos pesados las que tienen mayor ángulo de giro en sus ejes delanteros.

Este aspecto deberá tomarse en cuenta tanto en el diseño geométrico de carreteras como en el diseño geométrico de calles urbanas principalmente en las intersecciones, pudiendo ser estas suficientemente amplias para admitir el radio de giro de los vehículos tipo.

Figura. 2.5. Radio de giro de un automóvil para un cambio de sentido de 180°



Fuente: AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)

- **Resistencia a la circulación**

Un vehículo está sujeto a diferentes tipos de resistencia en su circulación siendo las más importantes:

- **Resistencia al aire**

Un vehículo en movimiento encuentra como fuerza inversa o de sentido contrario al aire lo que obliga que la potencia debe aumentar para vencer a dicha resistencia que está en función de la velocidad y un coeficiente K y la sección transversal del vehículo siendo la relación la siguiente:

$$Ra = K * S * V^2$$

Dónde:

K = Coeficiente aerodinámica

K = 0,4 Vehículos livianos

K = 0,8 Vehículos pesados

S = Sección transversal del vehículo

S= 2 m² Vehículos livianos

S= 5 a 8 m² Vehículos pesados

V= Velocidad de circulación (diseño)

- **Resistencia a la fricción**

En el pavimento del vehículo existe también una resistencia producida por la resistencia por donde circula el vehículo, dependiendo de la resistencia del tipo de superficie, del tipo de llantas.

En calzadas no pavimentadas la resistencia es mayor, disminuyendo a medida que la superficie sea menos rugosa, cuando menos rugosa sea, menor la resistencia a la fricción, esta resistencia es bastante menor a la resistencia al aire está dada por la relación.

$$Rf = K1 * P$$

Dónde:

K1 = Coeficiente de fricción neumática - calzada (0.4 a 0.8)

P = Peso del vehículo

K1 = 0,4 Caminos

K1 = 0,8 Para caminos revestidos con material granular

- **Resistencia a la pendiente**

Cuando el vehículo encuentra en un movimiento en un movimiento una rampa que tiene una mayor pendiente, esta debe ejercer una mayor potencia debido a una resistencia ejercida que está dada por la relación.

$$Rp = i * p$$

Dónde:

I= Pendiente

P = Peso

La importancia de cada una de estas resistencias puede variar para cada tipo de vehículos es decir en vehículos pesados que generalmente circula a velocidades más bajas la R_f y R_p tienen una mayor proporción frente a la R_a lo contrario ocurre con los vehículos livianos donde el peso es bajo y por lo tanto la R_p y la R_f se minimizan siendo más importante la R_a debido a las mayores velocidades que imprime.

- **Potencia**

La potencia es la cantidad de esfuerzo necesario para poner en movimiento un vehículo esta potencia en los vehículos de combustión interna está ligada al número de giros que se produce en el par motor siendo su relación proporcional entre el número de giros del par motor y la potencia del vehículo.

Para tener un mayor número de giros en el par motor se requiere mayor esfuerzo que está dado por un mayor número de revoluciones en el par motor. La tecnología actual tiende a construir o fabricar motores a combustión interna cuyas revoluciones del par motor requieren la menor cantidad de esfuerzo esto se ha conseguido de alguna manera en los vehículos livianos sin embargo en los vehículos pesados para alcanzar potencias altas se requiere mayor esfuerzo que ha obligado en la mayoría de los casos en los motores a combustión interna a cambiar a la gasolina por el diésel.

En la práctica lo que interesa es que un vehículo tenga la suficiente potencia para contrarrestar todas las resistencias a la circulación y tener una parte de esta para mantener en movimiento al vehículo.

En nuestro país este tema deberá ser analizado con mucha más profundidad debido a que la mayoría de los vehículos fabricado en el

exterior tienen una potencia teórica para trabajar al nivel del mar y en carreteras cuyas pendientes máximas no superen el 5% contrariamente en nuestro país tenemos carreteras que están a más de 3000 metros de altura S.N.M. que afectan en la tracción automotora disminuyendo su eficiencia y que transitan por carreteras cuya pendiente llega hasta el 10% en algunos casos, es por ello que la potencia efectiva de los vehículos en el caso de los livianos llega a ser del 80 a 90% y en el caso de los vehículos pesados del 55 al 70%

- **Distancia de frenado**

Se entiende por distancia de frenado aquella longitud necesaria para que un vehículo en movimiento ante la presencia de un obstáculo puede parar a través de la acción de frenado.

La distancia de frenado está compuesta de dos partes la primera que corresponde a la distancia que recorre en el tiempo de percepción y reacción ante la presencia del obstáculo y la segunda que es la distancia correspondiente a la acción del frenado propiamente dicha desde el momento que se oprime el pedal hasta que el vehículo queda detenido la relación que nos permite la determinación de la distancia de frenado es:

$$do = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254(F \pm i)}$$

Dónde:

V = Velocidad de diseño

T = Tiempo de percepción y reacción (2 a 2,5)

I= Pendiente longitudinal

- **Costo de operación**

Los costos de operación son en realidad la cantidad de dinero por unidad de distancia de movimiento de cualquier tipo de automóvil que está en circulación por una carretera o cualquier calle urbana. Para estimar el costo de operación de cualquier vehículo se debe tomar en cuenta una

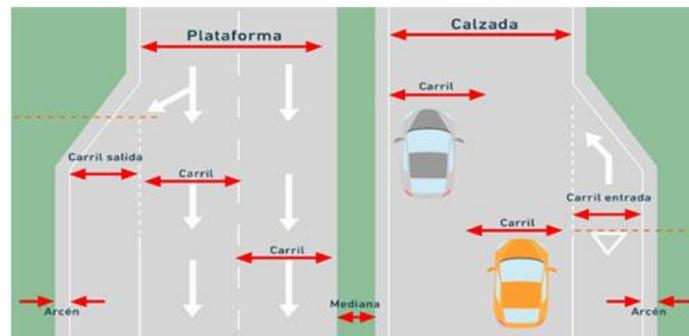
serie de elementos que intervienen en este costo como ser combustible, aceite, mantenimiento y reparación, operación y chofer, amortización y depreciación, impuestos y seguros.

Dependiendo del tipo de vehículo y el uso que tienen se pueden determinar los costos de operación en base a todos los elementos antes mencionado o en su caso a algunos de ellos.

No es muy fácil determinar los costos de operación debido a la diversidad en los vehículos, diferencias en las vías en que circulan y diferentes usos del automóvil sin embargo para fines específicos se puede determinar un vehículo tipo de análisis que nos representará un valor confiable para vehículos de características similares.

2.1.1.3. Elemento vía

Figura. 2.6. Características de la vía



Fuente: Manual de autoescuela ASP

De acuerdo a las características mencionadas en el análisis del problema de tráfico tendrá que tomarse en cuenta todas esas características y plantear en principio de bajo costo que mejoran la circulación sin modificaciones de orden físico y si se requiriera se un mejoramiento de orden físico proponer este a partir de las condiciones ya existentes.

El elemento de la calle en los trazos urbanos es muy importante ya que es muy fácil modificar el trazo urbano sin que los costos sean altos, por ello reviste mayor importancia realizar una clasificación del tipo de calles que se tienen estableciendo cuales son arteriales, colectores y simples en cada una de estas hacer una inventarización sobre sus

características físicas y un modo de prioridad hacer los estudios que nos sirven para el planteamiento de soluciones de todos los factores de tráfico que interviene.

2.1.2. Características de circulación

Según el tipo de vehículo se necesitará un permiso de conducción u otro, y que hay otros usuarios que participan en el escenario del tráfico. Por eso, es necesario que los futuros conductores conozcan las diferentes normas que deben observar cuando pasen por delante de otras categorías de usuarios de la carretera, ya sea:

- ❖ **Peatones**, a los que los conductores deben dar el derecho de paso si desean cruzar una calle.
- ❖ **Ciclistas**, que se benefician de instalaciones específicas como candados para bicicletas y carriles/sendas para bicicletas.
- ❖ **Motorizados de dos ruedas**, que pueden sorprender a los conductores colándose entre las líneas de los coches.
- ❖ **Vehículos prioritarios**, que están equipados con una luz azul intermitente y una señal audible, que se activan cuando están en misión
- ❖ **Vehículos de grandes dimensiones**, que son muy difíciles de pasar para los conductores, quienes deben tener cuidado al hacer esta maniobra.
- ❖ **Transporte público**, que puede beneficiarse de carriles reservados.

2.1.3. Parámetros de la ingeniería de tráfico

2.1.3.1. Volumen de tráfico

Se denomina volumen de tráfico al número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal ya sea de una carretera o de una calle, en un periodo de tiempo determinado, siendo los periodos de tiempo más usados los de un día y una hora.

En función de los periodos de tiempo se establecen diferentes tipos de medición de volúmenes de tráfico, los más empleados son:

- ❖ **Tráfico promedio diario (T.P.D.):** Se define el volumen de tránsito promedio diario como el número total de vehículos que pasan por una sección longitudinal

de una calle o carretera en el tiempo de un día, este es un valor importante como valor referencial debido a que nos muestra las variaciones horarias dentro del día.

- ❖ **Tráfico promedio horario (T.P.H.):** Es la cantidad de vehículos que son registrados en una sección longitudinal de una calle o carretera 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.

Se ha establecido de acuerdo a investigaciones que la relación entre el T.P.D. y el T.P.H. es más o menos la siguiente:

$$T.P.H. = 12 - 15\% T.P.D.$$

Cabe recalcar que la anterior relación sólo es para valores máximos.

- ❖ **Volumen directriz**

Este se crea como una necesidad de no poder utilizar ni el T.P.D. máximo ni el T.P.H. máximo como valores de diseño, ya que es evidente que una vía debe ser diseñada o proyectada con capacidad suficiente para absorber todo el tráfico que circule por ella, pero no es lógico ni económico proyectarla para un volumen máximo que se produce muy pocas veces al año; es así que el volumen directriz es obtenido de un ordenamiento descendiente de los volúmenes máximos horarios registrados a lo largo de los 365 días del año. Este valor del volumen trigésimo se considera como un volumen en el cual tendrá un 80% de las horas del volumen en la calle o carretera determinada.

- ❖ **Aforos de volúmenes.** - Los aforos de volumen pueden ser de dos tipos:

- **Aforos manuales**

Son realizados definiéndose puntos sobre la carretera o calle a ser estudiada, sección en la cual se debe realizar el conteo de vehículos que pasan en tiempos determinados ya sean horarios o diarios. Para ello es necesario contar con personal capacitado para realizar esta operación, los aforos manuales generalmente son realizados en periodos cortos de tiempo especialmente en horas pico, los cuales son generalmente en tiempos

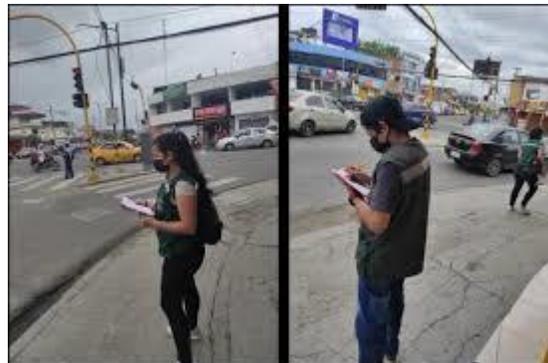
menores a una hora como ser 5, 10, 15, 20, ó 30 minutos. Posteriormente, se los expande a una hora empleando factores como por ejemplo emplear 4 veces el volumen correspondiente a 15 minutos.

Los recuentos manuales son los más caros y sólo se realizan para conseguir datos que no es posible obtener mediante procedimientos mecánicos, tales como la clasificación de vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes en los mismos.

En intersecciones donde el volumen es bajo, la clasificación tanto de los movimientos del tráfico, la clasificación, etc., se pueden llevar a cabo por una sola persona, pero en intersecciones con semáforos el trabajo se torna más difícil.

En síntesis, el procedimiento de los recuentos manuales de los volúmenes de tráfico se reduce a una persona con un lápiz, realizando marcas en un formato de registro el mismo que deberá ser previamente preparado de acuerdo a la información que se quiera recabar.

Figura. 2.7. Aforo manual



Fuente: Elaboración propia

- **Aforos automáticos**

Son los que permiten realizar recuentos de vehículos sin ocupar personal permanentemente, el más utilizado es el de un tubo de caucho en cuyo extremo se encuentra una membrana que es colocada en forma transversal de una calle o carretera; y al paso de cada vehículo sobre el tubo se produce

un impulso de aire sobre la membrana, la cual produce un contacto eléctrico a un aparato contador que va sumando los impulsos recibidos.

Estos contadores registran los volúmenes totales registrándolos en una cinta, y una persona encargada tiene que ir a hacer las observaciones correspondientes, los contadores pueden ser fijos o móviles, los fijos se los utiliza para hacer recuentos continuos en ciertos sectores.

Los contadores portátiles poseen un acumulador como fuente de energía y un tubo neumático como unidad captadora, son utilizados para recuentos parciales en determinados periodos de tiempo.

La desventaja de los contadores automáticos es que no permiten clasificar a los vehículos de acuerdo a su tipo o los giros que realizan los vehículos, pero pueden hacerse clasificaciones por sentido del movimiento colocando los tubos de caucho solamente sobre los carriles destinados a la circulación en un sentido.

Figura. 2.8. Aforo mediante el reconocimiento de placas



Fuente: Elaboración propia

❖ **Composición del volumen**

Se bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico.

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en automóviles camiones autobuses y motocicletas y bicicletas.

Entendiéndose por automóviles a todos aquellos que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas como los autos, jeeps 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 los livianos y pesados diferenciándose por la capacidad de pasajeros que puedan transportar este tipo de vehículos.

Motocicletas y bicicletas si bien debe estudiárseles para saber la cantidad de este tipo de motorizados no están incluidos en el volumen total representadas en el TPD o el TPH.

Este tipo de la clasificación de la composición no es rígida pudiendo establecerse la más adecuada para un proyecto en particular de una carretera o una calle.

Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que estos producen como ser: el porcentaje de vehículos pesados que ejercerán una disminución de la capacidad de una ruta reducirán las velocidades de circulación requerirán mayor espacio para las maniobras.

❖ **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.

❖ **Variaciones horarias**

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

❖ **Variaciones diarias**

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

❖ **Variación semanal**

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

❖ **Variación mensual**

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

❖ **Variaciones por sentido**

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

❖ **Recuento de volúmenes de tráfico**

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- **Recuento automático**

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador.

Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que han sido registrado, tampoco se

registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD.

- **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.

- ❖ **Periodo de recuento**

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad.

- **Recuentos permanentes**

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico. Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

- **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.

- **Recuento de tiempo específico**

La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

- ❖ **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 siguientes:

- **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.

❖ Factores que se refieren al tráfico

- **Camiones**

Los camiones influyen en forma desfavorable a la capacidad, cada camión debido a sus características físicas (largo y ancho) desplaza un cierto número de vehículos ligeros de la circulación, al cual se los conoce como vehículos ligeros equivalentes. En terreno llano, los camiones suelen mantener una velocidad parecida a la de los vehículos ligeros, y el factor de equivalencia es de aproximadamente de 2 en calzadas de sentido único, y entre 2-3 en carreteras de dos carriles con circulación en ambos sentidos, dependiendo del nivel de servicio que se pretenda 3 para nivel A, 2.5 para los niveles B y C y 2 para los niveles D y E.

En pendientes el factor de equivalencia está en función del porcentaje de inclinación y de la longitud de la rampa, así como el número de carriles.

- **Autobuses**

Los autobuses al igual que los camiones afectan a la capacidad, pero en menor grado; sin embargo, es necesario considerarlo cuando el volumen de estos es considerable en función al total, o se encuentran en fuertes pendientes.

Los procedimientos para considerar la influencia de los autobuses son similares a la de los camiones, pero teniendo en cuenta que la velocidad de los mismos es mayor.

2.1.3.2. Velocidad de tráfico

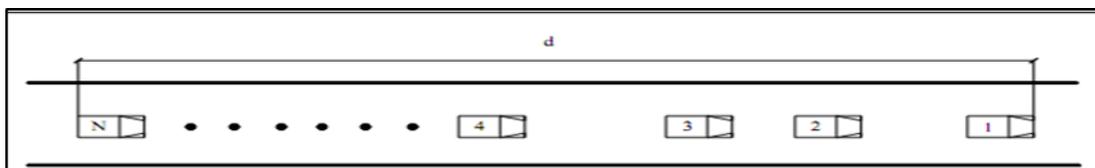
Se define como velocidad a la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer. En este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

❖ **Velocidad de punto**

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 50,75 y 100 mts.

La característica principal de este tipo de velocidad es que la distancia definida se toma al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras. La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

Figura. 2.9. Aforo de velocidades



Fuente: Elaboración propia

- **Método de medición**

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

- **El método del cronometro**

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronometro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

- **El método del enoscopio**

Se utiliza además del cronometro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene

un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se refleje en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronometro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturnas.

- **El método del radar métrico**

Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así las velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año. En la hora de estudio se determinará una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo, hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio. Se utiliza 6 horas diferentes del día.

❖ **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 por, detención de vehículos, peatones, semáforos.

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

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

Dónde:

VR = Velocidad de recorrido total (km/h)

Tc = Tiempo de circulación (hr)

Td = Tiempo de demoras (hr)

Dr = Distancia de recorrido (km)

- **Formas de medición de distancias de recorrido total**

Para realizar los aforos VR se introduce un vehículo al tráfico en el cual vaya un operador que deberá de hacer el registro de:

- Medición de lecturas en el odómetro lectura inicial y lectura final de cuya diferencia obtendremos la distancia de recorrido
- Tiempo cronometrado del vehículo de circulación en movimiento y tiempo registrado de las demoras donde el vehículo estaba paralizado.

Normalmente se realiza una hoja de campo donde se vaya registrando los diferentes tiempos:

Tabla 2.4. Hoja de campo para el registro de aforos

Hoja de campo				
Operador		Lugar inicio		
Registro de tiempos				
Tc	t1	t2	t3	t4
Circulación	semáforo	peatones	Deten vehic.	otros
10 seg.		2 seg.		
20 seg.	5 seg.			
60 seg.			3 seg.	
$\sum tc$	$\sum t1$	$\sum t2$	$\sum t3$	$\sum t4$

Fuente: Guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

Dónde:

$$\sum tc = TC$$

$$\sum t1 + \sum t2 + \sum t3 + \sum t4 = TD = \sum ti$$

❖ **Velocidad de crucero**

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

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

Dónde:

Dr = Distancia de recorrido

Tc = Tiempo de circulación

VC = Velocidad de crucero

Esta velocidad de crucero es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por causa de las demoras que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de crucero es menor que la velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá

indicarnos cuanto esta incidencia y en que magnitud el efecto de las demoras en la velocidad del vehículo.

El análisis que se puede realizar entre la velocidad de punto VR y VC deberán permitirnos establecer soluciones a la circulación del tráfico con referencia al factor velocidad relacionándola con el resto de los factores de tráfico. Con esta información se pueden establecer varios gráficos como ser: velocidad vs % de vehículos tipo, velocidad vs distancia de recorrido, velocidad vs tiempo de demoras, etc. Todo el análisis que se pueda realizar dependerá de la mayor o menor información que se obtenga a través de aforos.

❖ **Velocidad directriz o de proyecto**

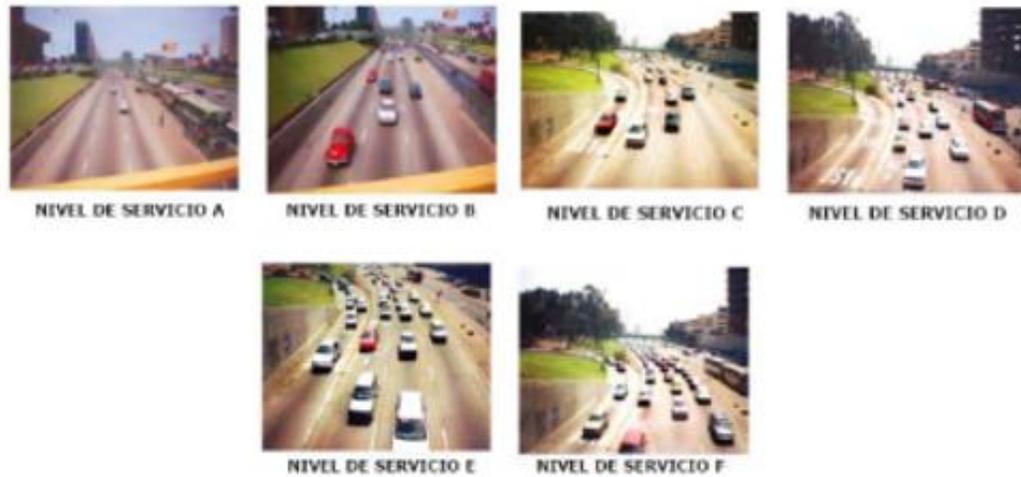
Ninguna de las anteriores velocidades es considerada para el diseño geométrico de la carretera o calles estableciéndose otra definición que la velocidad de proyecto o directriz considera, así como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículos circula a dicha velocidad.

En carreteras se establecen velocidades directrices o de proyecto haciendo un equilibrio entre el tipo de carretera que se quiere diseñar, el costo de la construcción y el costo de operación de los vehículos (Norma de la AASTHO y del SENAC nos dan algunas velocidades recomendables de acuerdo a la categorización de las carreteras.

En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc. Estos factores influyen a la velocidad de circulación por ese hecho la recomendación es que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media obtenida a través de las velocidades de punto.

2.1.3.3. Capacidad vehicular

Figura. 2.10. Capacidades y niveles de servicio de una vía



Fuente: Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

Se define a la capacidad vehicular como la cantidad de vehículos que circule por una carretera 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 carretera. De acuerdo al manual de capacidad sea visto por conveniente definir tres tipos de capacidad que son:

❖ **Capacidad practica o posible**

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

❖ **Capacidad práctica**

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

❖ **Capacidad directriz**

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

❖ **Factores que afectan a la capacidad**

Las características de la mayor parte de carreteras o calles y del tráfico que circula por estas se las considera ideales desde el punto de vista de la capacidad, es por eso que se aplican factores de corrección que afectan a la capacidad para tomar en cuenta las circunstancias reales y las ideales o teóricas.

❖ **Factores que afectan a la capacidad de flujo continuo.**

Pueden ser debido a las características físicas de las vías y también debido a las condiciones del tráfico que circula por ellas.

Entre los factores que se refieren a las características de las vías tenemos:

- **Ancho de carril**

Los carriles considerados adecuados por El Manual de la Capacidad corresponden a 12 pies, pero con fines prácticos se lo considera 3,60 m. si este es menor en carreteras de dos carriles el adelantamiento se torna un poco difícil y la maniobra se suele realizar en un mayor tiempo al carril destinado al tráfico que circula en sentido opuesto.

La capacidad, disminuye de acuerdo al ancho de los carriles y se establecieron factores de reducción, los cuales suelen evaluarse en forma conjunta con el ancho de las bermas y la distancia de obstáculos laterales.

- **Ancho de bermas y obstáculos laterales**

En una carretera es fundamental la existencia de bermas que permitan situar fuera de la calzada los vehículos que decidan estacionar momentáneamente, que no sólo anulan un carril, sino que también reducen la capacidad del carril

adyacente. Para carriles con anchos menores a 3,60 m, las bermas de 1,20 m. o más, incrementan el ancho efectivo en 0,30 m.

Por otra parte, cualquier obstáculo lateral existente a la calzada o próximo al borde como ser postes, letreros, etc., produce un estrechamiento el cual se refleja de acuerdo a la velocidad de los vehículos; suele considerarse que a una distancia de 1,80 m. esta influencia sería nula.

- **Carriles auxiliares**

Aparte de los carriles principales de una calle o carretera, muchas veces la existencia de carriles auxiliares mejora las condiciones de capacidad, porque eliminan de la calzada principal obstáculos que dificultan la circulación. Este es el caso de carriles de estacionamiento, carriles de aceleración o desaceleración, carriles para determinados movimientos de giros y carriles especiales para tráfico pesado.

- ❖ **Factores que afectan a la capacidad en vías de flujo interrumpido**

- **Intersecciones a nivel**

Como ya habíamos mencionado anteriormente, la capacidad de una determinada sección de una calle o carretera depende de varios factores que pueden ser prácticamente fijos como el trazado y el tipo de regulación y otros variables pues reflejan el uso momentáneo que se hace en la intersección tanto por vehículos como por peatones.

Y en cuanto al tipo de regulación se presenta una regulación por medio de semáforos y por medio de señales fijas de acuerdo a normas establecidas.

En el caso que no hubiesen semáforos, el número de combinaciones que pueden darse, considerando el volumen de tráfico y las características geométricas de la vías o calles que forman la intersección, es muy elevado, por lo que no es posible un estudio sistemático del problema; sin embargo, se puede tomar como punto de referencia la capacidad que existiría si en los semáforos el reparto de los tiempos verdes fuera directamente proporcional a los volúmenes de tráfico

en cada acceso en inversamente proporcional al ancho de los mismos; la capacidad que obtendríamos en estas condiciones representaría la máxima solo alcanzable en condiciones ideales.

A continuación, describimos los factores que afectan a la capacidad en intersecciones:

- **Ancho de calle**

La experiencia ha demostrado que el ancho de calle es el factor más significativo que afecta la capacidad de una intersección, el ancho del acceso no varía solamente con la de la calle, si no que viene dado por la disposición de marcas viales, la ubicación de las isletas y la de otros obstáculos.

Con frecuencia la delimitación de carriles marcados en el pavimento no es respetado especialmente en las horas punta, la experiencia demuestra dentro de ciertos límites que la capacidad y el nivel de servicio de un acceso a una intersección varían directamente con el ancho del mismo, por lo tanto, es mejor considerar el ancho total del acceso lo que no quiere decir que el número de carriles no afecte a la capacidad.

- **Circulación en sentido único o doble sentido**

A simple vista parecería que el ancho de un acceso a una calle de sentido único debería tener la misma capacidad que otro situado en una calle de doble sentido; sin embargo, en el primer caso hay una serie de ventajas que se reflejan no sólo en la capacidad, si no en los volúmenes. Así, por ejemplo, en una calle de un solo sentido se pueden realizar los giros a la izquierda con mayor facilidad debido a la falta de tráfico en el sentido opuesto.

En general para vías de un mismo ancho de acceso, existe una capacidad algo mayor si la calle funciona en un solo sentido que la de doble sentido, pero no siempre es así y por lo tanto no se aconseja generalizar.

❖ **Otros factores que afectan a la capacidad**

Entre ellos tenemos la distribución del tráfico en los carriles de una calzada, la variación de la intensidad dentro de una hora, interrupciones en la circulación, los cuales debido a complejidad de su valoración se los suele estudiar en forma separada.

2.1.3.4. Niveles de servicio

Se utiliza el concepto de nivel de servicio para medir la calidad del flujo vehicular, ya que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo vehicular, estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, traducido al español por la Asociación Técnica De Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados A, B, C, D, E, F que van del mejor al peor, y los cuales describimos a continuación:

❖ **Nivel de servicio A**

Representa una circulación a flujo libre, los usuarios considerados en forma individual, están virtualmente exentos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una gran libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito.

El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación a el motorista, pasajero o peatón, es excelente.

❖ **Nivel de servicio B**

Está dentro del rango de flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación. La libertad de selección de las velocidades sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobras en relación con la del nivel de servicio de nivel A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

❖ **Nivel de servicio C**

Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

❖ **Nivel de servicio D**

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

❖ **Nivel de servicio E**

El funcionamiento está en él, o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

❖ **Nivel de servicio F**

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranque, extremadamente inestables.

2.1.4. Congestionamiento

Congestionamiento se refiere a las causas que evitan la circulación normal y restringen el movimiento en las calles y carreteras.

2.1.4.1. Factores fundamentales de congestionamiento

❖ Restricción en las maniobras

Se refiere a la dificultad que se presenta para la realización de movimientos o maniobras dentro del flujo vehicular, tales movimientos como ser giros a la izquierda, giros a la derecha sobre paso, ingresos a un estacionamiento, salidas de un estacionamiento, etc.

El congestionamiento evitaría la aplicación de las maniobras por tanto bajaría el nivel de servicio de la calle o carretera y obligaría a una circulación forzada.

❖ Reducción de velocidad

Otro factor que involucra el congestionamiento es la reducción de velocidad de circulación es decir que cuanto mayor congestionamiento existe se irán disminuyendo las velocidades, el cual irán en perjuicio de los costos de operación y de los tiempos de recorrido.

❖ Incremento en los tiempos de demoras

Este factor también se relaciona con el congestionamiento ya que a medida que aumenta este habrá mayor tiempo de vehículos detenidos comparados con los tiempos de circulación o movimiento.

2.1.4.2. Métodos para medir el congestionamiento

Partiendo de los 3 factores antes mencionados para hacer un análisis de grado de congestionamiento, reducciones de velocidad y el incremento de los tiempos de demoras para ello existen algunos métodos de los cuales anotaremos los siguientes:

- ❖ Método de mediciones de un observador en altura
- ❖ Método de un vehículo dentro de la circulación
- ❖ Método de un vehículo de la circulación

2.1.5. Señalización

2.1.5.1. Señalización horizontal

Figura. 2.11. Señales horizontales en una vía

Línea Amarilla: Indica generalmente el eje central de la vía y su doble sentido de circulación



Línea Blanca: Determina los carriles de una vía, de un solo sentido de circulación



Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

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.

Se entiende por señales horizontales preventivas aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo a 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 maniobras.

Las marcas de tipo indicativos tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco.

Existen diversas marcas sobre el pavimento que son colocadas con objetivos específicos esos objetivos están planteados de tal manera que se trate de señales universales, es decir que todos los países traten de normalizar su señalización horizontal de la misma manera.

Actualmente se ha conseguido que todos los países panamericanos a través de un congreso hayan definido leyes normativas generales tanto para la señalización horizontal y vertical.

❖ Tipos de señales horizontales

Existen diferentes tipos de señales horizontales que son pintadas sobre el pavimento entre los más importantes tenemos:

- Cruce de peatones
- Líneas de parada
- Líneas de Separación de carriles
- Líneas de demarcación de calzada
- Flechas direccionales
- Flechas deflectoras
- Líneas de prevención de frenado
- Letras Alfabéticas sobre el pavimento

2.1.5.2. Señalización vertical

Figura. 2.12. Señales verticales en una vía



Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

Se define a la señalización vertical como el conjunto de señales que van distribuidas a lo largo de una carretera o 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:

❖ **Señales Preventivas**

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Indican con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía que implican un peligro real o potencial y que puede ser evitado tomando ciertas precauciones.

Estas señales persiguen que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, porque el uso innecesario de ellas, tiende a disminuir el respeto y obediencia a toda la señalización en general.

Indican con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía que implican un peligro real o potencial y que puede ser evitado tomando ciertas precauciones.

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, su color de fondo es amarillo y los símbolos y leyendas son de color negro.

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

Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia. La dimensión depende del tipo de vía de ubicación de la señal:

Calles, avenidas: 0.60 x 0.60 m

Autopistas: 0.75 x 0.75 m

Casos Excepcionales: 0.90 x 0.90 m

Figura. 2.13. Señales preventivas de una vía





Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

❖ Señales reglamentarias

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

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Indican a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al Reglamento de Circulación.

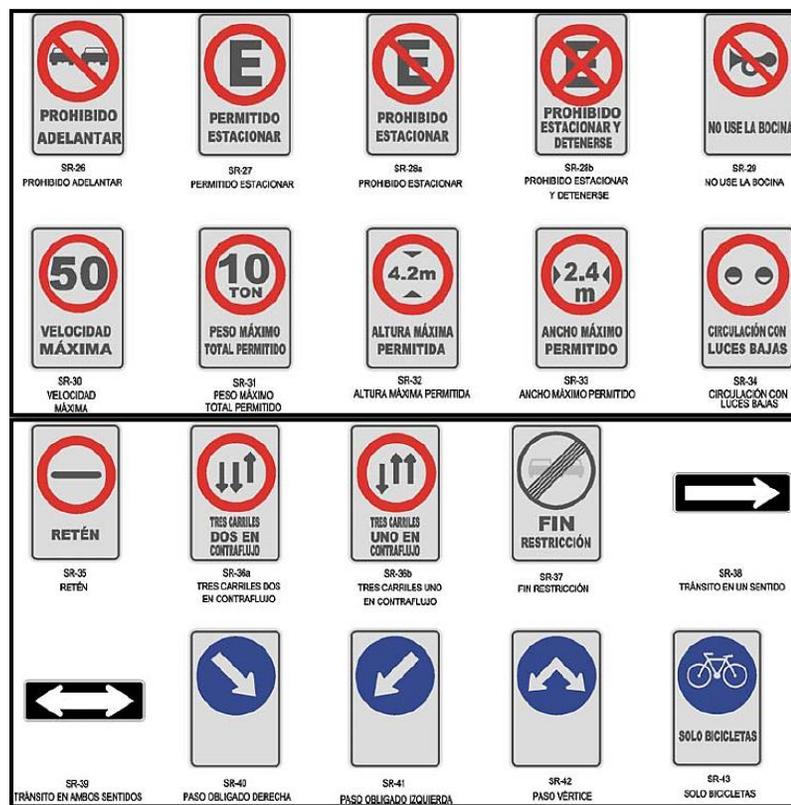
Su color de fondo es blanco, aunque excepcionalmente puede ser rojo o azul. La orla será de color rojo, su forma es generalmente circular; cuando las señales sean rectangulares, la orla exterior será de color negro. Finalmente, los símbolos y leyendas serán de color negro o blanco y ocasionalmente gris.

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.

- Señales relativas al derecho de paso o de prioridad
- Señales prohibitivas o restrictivas
- Señales de sentido de circulación

A continuación, en la figura 2.2 y 2.3. se presentan las señales reglamentarias que nos brinda el manual interamericano de señalización vial. Las cuales deben encontrarse como recomendación; visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática.

Figura 2.14. Señales reglamentarias de una vía



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

❖ **Señales Informativas**

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc., guían al conductor a través de una determinada ruta, identificar puntos notables.

En particular se utilizan para informar sobre: enlaces o empalmes con otras vías, pistas apropiadas para cada destino, direcciones hacia destinos, calles o rutas, inicio de la salida a otras vías, distancias a que se encuentran los destinos, nombres de rutas y calles, servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía, nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales color verde.

En el caso en que se requiera adosar placas que amplíen la información de las señales, éstas serán de forma rectangular y en ningún caso deberán tener un ancho superior al de la señal principal.

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

En el caso de las señales informativas, el mensaje no siempre se entrega a través de una sola señal, sino que en una secuencia de señales diseñadas y emplazadas para funcionar en conjunto. Dependiendo de las características y jerarquía de la vía.

Se clasifican en:

- **Señales de dirección**
 - Señales de destino
 - Señales de destino con indicador de distancias
 - Señales de indicación de distancias
- **Señales Indicadoras de ruta**
- **Señales de información general**
 - Señales de información
 - Señales de servicios auxiliares

El tamaño de las señales está normalizado. En la mayor parte de las carreteras se emplean señales triangulares de 900mm de lado, circulares de 600 mm de diámetro y cuadradas de 600 mm de lado. En autopistas estas dimensiones se aumentan en 50 %, mientras que en zonas urbanas o cuando hay dificultades de espacio se reducen al 75%. Las señales informativas con direcciones y nombres de localidades no pueden tener tamaños, ya que dependen del número de letras que contengan.

La colocación de las señales informativas depende de las situaciones en que se emplean, y especialmente en intersecciones o enlaces complicados no siempre es fácil colocarlas de manera que no sean mal interpretadas por algunos conductores.

Figura 2.15. Señales informativas de una vía



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

2.1.6. Semaforización

Entendemos por semaforización aquel factor de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es mejorar la circulación y además la misma en las intersecciones a través de dispositivos especialmente creados con este fin denominado semáforo.

Los semáforos son dispositivos de circulación del tráfico que han sido diseñados de tal forma que puedan ser accionados ya sea en forma manual o en forma automática instalados normalmente en las intersecciones.

❖ Clasificación de semáforos

Los semáforos se clasifican de acuerdo a su función operacional en:

- **Semáforo de tiempo predeterminado**

Son aquellos semáforos vehiculares que han sido diseñados para ejercer un control a través de señales luminosa cuyo tiempo de fase haya sido previamente determinado en función de las características volumétricas de la intersección. las características fundamentales de este tipo de semáforo son fijo el ciclo y el tiempo de cada fase que compone el ciclo (fase verde, fase amarilla, fase roja).

- **Los semáforos accionados por el tráfico**

Son aquellos que ya sea que en forma manual o automática su operacionalidad dependerá del volumen de tráfico que circula en los accesos los que directamente determinara el tiempo de cada fase.

- **Semáforos peatonales**

Los semáforos peatonales son señales luminosas instalados con el propósito de ordenar el tráfico de peatones en las intersecciones. Su instalación es complementaria a la semaforización vehicular.

Para que se pueda instalar una red de semáforos peatonales se debe cumplir ciertas condiciones:

La cantidad de peatones por hora en la intersección debe ser mayor a 150 en áreas no escolares y mayor a 250 en áreas escolares.

Otras de las condiciones es que debe preverse una fase exclusiva para el movimiento peatonal en una o más direcciones donde el tráfico vehicular debe detenerse.

Si los movimientos de giros son complicados que exigen a una fase semiexclusiva para ordenar el tráfico vehicular.

Cuando los anchos de las vías que interceptan son tan amplios que los semáforos vehiculares no sirven adecuadamente a los peatones.

Cuando una semaforización vehicular confunde al movimiento vehicular.

❖ **Características de los semáforos**

Los semáforos tanto vehiculares como peatonales tienen sus propias características.

❖ **Características de los semáforos vehiculares**

Los semáforos vehiculares están constituidos por los siguientes elementos.

- **Cabeza**

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

La cabeza normalmente es un armazón metálico hueco que contiene a los reflectores de cada uno de las caras y a los cables que están conectados en algunos casos llevan además unas vísceras sobre cada una de las señales luminosas para evitar el reflejo del sol y mantener una buena visibilidad de la señal.

- **Caras**

Cada cara de un semáforo contiene una o más elementos ópticos o lentes que están formado verticalmente

- **Focos**

Son lentes ópticos formados cada uno de ellos una lámpara un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso en una sola dirección un vidrio difusor circular de calor y vísceras arriba y a los costados eventualmente.

Los focos de cada cara ubicadas en un eje vertical van en la Siguiete . posición el rojo en la parte alta inmediatamente debajo se ubica el amarillo o ámbar por último el verde.

Si hay señales adicionales como giros a la izquierda y giros a la derecha estas pueden ir debajo de la señal verde o a un costado

❖ **Función de los colores**

- **Foco rojo**

Indica que el tránsito frente a ese color debe parar antes de la línea de parada y permanecer detenido hasta que aparezca el color verde.

- **Foco amarillo**

Advierte que inmediatamente después aparecerá el rojo el conductor sin aún puede debe detenerse, es un foco o lente de precaución que de alguna manera debe ser un tiempo de reacción del conductor.

- **Foco verde**

El color verde tiene como objetivo permitir a los vehículos que se observan esta luz puedan seguir de frente o realizar giro a la izquierda o giro a la derecha. En algunos casos se debe dar preferencia en intersecciones de ambos sentidos al tránsito directo por los vehículos que van a realizar giro a la izquierda o derecha. Aparte de estos tres colores fundamentales existen otros de tipo especial que son el foco verde con flecha de frente y el foco verde con flecha de giro a la izquierda o la derecha. El primero tiene el objetivo de que los vehículos tienen que circular en sentido directo sin la posibilidad de realizar giros a ningún lado. En el caso de los focos verdes con flecha de giro estas tienen como objetivo dar al tráfico la opción de que realicen giros indicados en un momento adecuado normalmente a veces coincidente con los focos rojos del otro sentido.

❖ **Ubicación de los semáforos**

Los semáforos de acuerdo al tipo de intersección estos deben ser ubicados en cada uno de los accesos de la intersección totalmente visible a los conductores. De acuerdo a las características físicas de la intersección y el número de carriles que puede presentarse en cada acceso pueden existir varias formas de ubicación de semáforos.

- **Semáforos independientes**

Estos semáforos van ubicados en la entrada de cada acceso a 60 cm como mínimo del cordón de la acera cuya altura puede variar de 2.40 - 4.50 mts dependiendo de la visibilidad existente. Si bien desde el punto de vista

operacional estos pueden resultar los más eficientes resultan los más antieconómico debido a que cada poste soporta una cabeza de semáforo de una sola cara.

- **Semáforo con ménsula corta**

Cuando la visibilidad en la intersección no permite una buena ubicación del semáforo se recurre a estructuras metálicas tipo de ménsula que soportan la cabeza del semáforo un poco más el interior de la calzada y por lo tanto más visible

- **Semáforo con ménsula larga**

Cuando los semáforos van a tener más de una cara y se quiere que estas sean igualmente visibles a cada acceso correspondiente se recurre a la utilización de estructuras metálicas tipo de ménsula pero que abarquen hasta de $1/3$ a $2/3$ de la intersección de tal forma que sea visible a todos los accesos, si bien la estructura se hace más caro en corto esto se equilibra por el número de caras que pueda tener la cabeza del semáforo.

- **Semáforos colgantes**

Este tipo de semáforos se recomienda en intersección en las cuales se va a tener 4 accesos que puedan dar origen a 4 caras de la cabeza del semáforo que tienen que ser igualmente visible para, ello se busca un punto que será geoméricamente concéntrico en la intersección y se coloca el semáforo soportado por cables que están anclados en las paredes de la intersección.

- **Semáforos peatonales**

Estos tienen que ir ubicados ortogonalmente a los flujos peatonales marcado por el cruce de peatones a una altura media de 2 metros de tal forma que sea visible a los peatones para iniciar el proceso de cruce de calzada, en algunas vías de carreteras o autopistas estos semáforos peatonales pueden ir sobre el mismo poste que soporta el semáforo vehicular, pero a diferente altura.

- ❖ **Condiciones de un semáforo de tiempo predeterminado**

Un semáforo de tiempo predeterminado en el cual se va a establecer como base inauguración del ciclo predeterminado que varía entre 35 seg. y 120 seg., entendiéndose por ciclo el paso de la fase roja a la amarilla, de la fase amarilla a

la fase verde de la verde a la amarilla y de la fase amarilla a la fase roja, ese ciclo tiene una duración predeterminado cuyo valor deberá ser proyectado en función a las características físicas de la intersección las características del trazo urbano, es decir separación entre intersecciones y racionamiento cuadrangular además de las condiciones volumétricas del tráfico en los accesos, en lo posible la duración de un ciclo debe permitir la mejor fluidez del tráfico en la intersección y evitar la pérdida de tiempo por demoras. por su puesto que eso es difícil de determinar cuando los flujos son variables en cada intersección el trazo urbano no es regular y las dimensiones físicas de la intersección son variables. para este tipo de semáforos de tiempo predeterminado se consideran como ventajas los siguientes.

- Facilitan la programación de un sistema coordinado de semáforo
- el funcionamiento de los semáforos no se ve afectado por anomalías en la detención como puede ser un vehículo detenido sobre la intersección.
- Proporcionan una gran eficiencia en áreas de gran movimiento peatonal
- Su instalación y mantenimiento son más económicos que los activadas por el tránsito.
- Se adopten en aquellas intersecciones en la que el tráfico es relativamente estable donde las variaciones que se registran son mínimos.

❖ **Análisis operacional de un semáforo predeterminado**

Los parámetros más importantes que se toman en cuenta para la instalación de un semáforo de tiempo predeterminado son:

- El número de vehículos que entran en la intersección por hora desde cada vía de acceso debiendo obtenerse este valor de los estadísticos de volúmenes de las 16 horas de mayor tránsito en el día.
- Volúmenes de vehículos por cada movimiento de tráfico clasificado de acuerdo al tipo de vehículo, pesados, livianos, de transporte público y automóviles particulares durante periodos de 15 minutos de 2 horas en la mañana y 2 horas en la tarde donde el tráfico es mayor.
- percentil 85 de la velocidad media vehicular

- Relevamiento plani altimétrico de las características físicas de la intersección
- Diagrama de accidentes detallando tipo, ubicación y dirección del movimiento de por lo menos un periodo anual.

❖ **Condiciones de instalación**

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

- **1era condición volumen mínimo**

Es deseable la instalación de semáforos cuando se excede durante un periodo de 8 horas los volúmenes de un día promedio dado por la Siguiete . tabla:

Tabla 2.5. Volúmenes mínimos para instalación de semáforo

No carriles en cada acceso		Volumen horario	
Calle principal	Calle secundaria	Calle principal	Calle secundaria
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 o mas	500	200

Fuente: Guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10000 la condición de volumen mínimo, para los volúmenes de la calle principal son elevado, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

- **2da condición de demoras en el tráfico**

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

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

Tabla 2.6. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria

No carriles en cada acceso		Volumen horario	
Calle principal	Calle secundaria	Calle principal	Calle secundaria
1	1	750	75
2 o mas	1	900	75
2 o mas	2 o mas	900	100
1	2 o mas	750	100

Fuente: Guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

- **3era condición volumen mínimo de peatones**

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

Tabla 2.7. Volumen mínimo de vehículos y peatones

Tipo de intersecciones	Veh/hora		Total, peatones/ hora	Periodo de mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con cantero central		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área escolar	800		2500	2

Fuente: Guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

En ciudades donde la población es menor a 10000 se recomienda tomar el 70% de los valores de la tabla.

- **4ta condición del sistema coordinado de semáforos**

La condición de movimiento coordinado exige que:

- En un sistema lineal de calle de sentido único deben sanforizarse intersecciones adicionales cuando entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.

- Si en una calle de doble sentido los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un funcionamiento eficiente del sistema.

- **5ta condición de prevención de accidentes**

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

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados
- Que no existan ninguna medida preventiva adecuada
- Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

- **6ta condición combinación de condiciones**

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

Es conveniente que una instalación semaforizada cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados.

- ❖ **Asignación de tiempos**

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

La elección del tiempo que dure el ciclo es un aproximado, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, de acuerdo a estudios que se han realizado en varios sistemas de semaforización se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 seg.

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

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

❖ **Asignación de tiempos en fase amarilla**

La fase amarilla tiene como objetivo avisar al conductor que va a aparecer la fase roja a la fase verde y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección.

Para asignar un tiempo a esta fase por lo tanto debemos tomar en cuenta la distancia de visibilidad de frenado. La velocidad de circulación media y el ancho de la intersección, teniéndose como relación que involucra estas acciones las siguiente.

$$T_a = \frac{D}{V} + \frac{a}{V}$$

$$D = \frac{V * t}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

Dónde:

D= Distancia de visibilidad de frenado y la determinación con la relación

V= Velocidad circulación media

T= Tiempo de reacción y percepción que para tramos urbanos varía entre 2 – 2,5 seg

F = Coef. de fricción de neumático calzada normalmente se toma un valor medio de 0,40

I= Pendiente longitudinal de la intersección en el sentido del acceso

V = Velocidad de circulación media

A= Ancho de la intersección

En el siguiente cuadro tenemos los tiempos de fase amarilla para las distintas velocidades de circulación.

Tabla 2.8. Valores de fase amarilla

Velocidad de diseño	Tiempo de fase amarilla	
	Ancho de intersección	
	15,00	20,00
30	3,40	4,00
40	3,30	3,80
50	3,50	3,90
60	3,80	4,10

Fuente: guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

❖ **Asignación de tiempos de fase roja y verde**

Adoptado el valor del ciclo y determinado el tiempo de fase amarilla se procede a determinar los tiempos de fase roja y fase verde y en realidad son tiempos cuyo objetivo es el proporcionar un tiempo razonable para que un conjunto de vehículos pueda cruzar la intersección de tal manera que se procure tener un flujo continuo. Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección, si los volúmenes los consideramos como valores totales la relación de equilibrio será:

$$\frac{VA}{tVA} + \frac{VB}{tVB}$$

Dónde

VA= Volumen acceso A

VB = Volumen acceso B

tVA = Tiempo de verde en acceso A

tVB = Tiempo de verde en acceso B

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que los valores del ciclo estarán dados por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de tiempo de fase verde y fase roja al valor de C

$$C = \text{ciclo} - t_a - t_a *$$

$$\text{ciclo} = t_{va} + t_{vb} + t_a + t_a *$$

Dónde:

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

Ta = Tiempo de fase amarilla

Ta· = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

Si en la ecuación de equilibrio coloco todo en función de una sola variable tendré que la relación es la siguiente:

tVB= incógnita

$$\frac{VA * t_a}{C - tVA} = \frac{VB * t_a *}{tVB}$$

Esta ecuación de equilibrio que nos permite asegurar los tiempos de fase roja y fase verde varia si los tiempos de fase amarilla son diferentes teniéndose la siguiente . relación.

$$\frac{VA * t_a}{tVA} = \frac{VB * t_a *}{tVB}$$

Y varia también si en el momento de definir el momento que tienen los vehículos de transporte público y pesados a una relación:

$$VA = V \text{ particular} + \frac{\% V \text{ pesado} + \text{publico} * V \text{ pesado} + \text{publico}}{100}$$

$$VB = V \text{ particular} + \frac{\% V \text{ pesado} + \text{publico} * V \text{ pesado} + \text{publico}}{100}$$

❖ **Coordinación de semáforos**

Se entiende por coordinación de semáforos a la forma metodológica de hacer que funcione un conjunto de semáforos aislados para lograr una mayor fluidez en la circulación, cuanto mejor estén asignados los tiempos de las diferentes fases y mejor este la coordinación mayores posibilidades se tendrán de conseguir que la evaluación sea fluida y con menores tiempos de demora.

Existen diferentes tipos de coordinación de semáforos entre ellos los más importantes son los siguientes:

- **Coordinación continua simultánea**

Este tipo de coordinación es aquel que aproximadamente nos den la misma indicación al mismo tiempo en todos los semáforos es decir que todos los semáforos de una red indiquen al mismo tiempo fase verde, amarilla, rojo.

La ventaja o desventaja de este tipo de coordinación está en función de los volúmenes de demanda que se tiene en cada una de las intersecciones generalmente este tipo de coordinación se utiliza en base de 1 o 2 intersecciones más importantes teniéndose al resto a acomodarse a las condiciones que marque el ciclo y la fase.

Una distancia entre semáforo que sea acorde a este tipo de coordinación está dada por la relación.

$$d = 3,6 * C * V$$

Dónde:

D = Distancia entre semáforos

C = Tiempo de ciclo (seg.)

V = Velocidad Media de circulación

En la mayoría de las ciudades las primeras redes de semáforos son de este tipo de coordinación que funcionan bien para algunas intersecciones y con muchas demoras para obras.

- ❖ **Coordinación alterna**

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre una misma línea con mediciones de tipo alterno es decir que las indicaciones de fase verde pueden ir en forma alternada cada una dos o tres intersecciones y lo mismo ocurriría con las fases rojas de tal manera que permite un conjunto de vehículos pueda funcionar con fluidez un determinado espacio para este tipo se recomienda que la separación de semáforos responda a la relación:

$$d = 1,8 * C * V$$

Dónde:

D = Separación de semáforos

C = Tiempo del ciclo (seg)

V = Velocidad media de circulación (km./h)

Esta modalidad de coordinación alterna es útil y recomendable para trazos urbanos donde se tenga definido flujos direccionales principales y flujos direccionales secundarios.

❖ **Coordinación flexible**

La coordinación flexible se entiende como a la determinación de diferentes tiempos de fase verde en semáforos pertenecientes a una red, aunque tenga tiempos fijos respondan más a las necesidades de la demandan real en cada intersección, es decir este tipo de coordinación optimiza los tiempos de fase verde en función de las demandas de acceso siendo esto solo posibles en una central digitalizada que tenga subcentrales inducidas unitarias para cada semáforo. Esta se da con la nueva tecnología en centrales semafóricas que han servido para optimizar pero que tienen un mayor costo.

Cualquiera sea el tipo de coordinación que se adopte este tendrá que pasar por una prueba en funcionamiento mínimo de tres meses el cual este sujeto a un control para ver cuáles son las ventajas y desventajas y lograr una reasignación de tiempos y una coordinación adecuada a las condiciones de circulación.

2.1.7. Estacionamiento

Se definen como estacionamiento al área o superficie destinadas a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo que pueden estar ubicadas dentro o fuera de la vía. Con el fin de aclarar un poco este concepto vale la pena lo que es una parada corta, parada larga, estacionamiento, parqueo.

❖ **Parada Corta**

Se entiende por parada corta cuando el vehículo se detiene momentáneamente sobre la vía con el motor encendido y el conductor en su sitio, estas paradas cortas se producen en tiempos pequeños generalmente para el acceso o descenso de pasajeros o usuarios de vehículos ya sea particulares o públicas.

❖ **Parada Larga**

Se entiende por parada larga cuando el vehículo se detiene sobre la vía con el motor apagado, pero con el conductor en su sitio, este tipo de parada utiliza un tiempo mayor que el anterior, pero sigue siendo de carácter temporal o momentáneo.

❖ **Estacionamiento**

Se considera estacionamiento aquel acto en el cual el vehículo es detenido sobre la vía con el motor apagado y sin el conductor pudiendo considerarse el tiempo de detención permanente.

❖ **Parqueo**

Se entiende por parqueo a la detención de vehículos fuera de la vía, dejados en espacios especialmente establecidos para detener el vehículo en forma permanente y por tiempos largos.

❖ **Causas del estacionamiento**

El detener un vehículo ya sea momentánea o en forma permanente se debe a diferentes causas que de acuerdo a estudios realizados normalmente los más usados son:

- Comerciales
- Laborables
- De negocios
- De diversión

Las primeras dos causas son las más importantes y las más usuales, porcentualmente las más importantes, incluidos a estas a los de transporte público

que con un fin laboral tienen que detener su vehículo para el ascenso y descenso de pasajeros.

❖ Tipos de estacionamiento

Se tienen en la práctica dos tipos de estacionamiento de acuerdo al lugar de su ubicación, es decir:

- Estacionamiento sobre la vía
- Estacionamiento fuera de la vía

2.2. CALLES URBANAS

Figura 2.16. Calle urbana



Fuente: Ingeniería de tránsito – Álvarez, L. E.

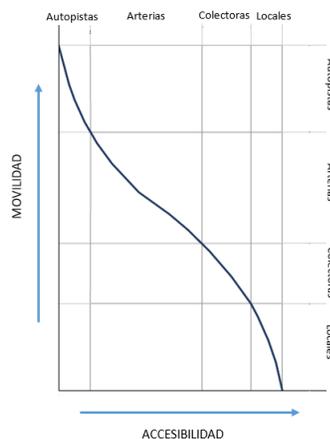
Las calles urbanas son aquellas vías que constituyen la infraestructura viaria con características mixtas entre las calles que discurren fuera de poblado y el viario principal de la ciudad. Estas vías son las que canalizan los movimientos de larga distancia y cumplen las funciones de conexión y distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan. Estas vías tienen restricción total o parcial de accesos y se pueden clasificar, a su vez, en vías no convencionales y en vías convencionales.

2.2.1. Características de las vías urbanas

La circulación en una ciudad está cargada por múltiples recorridos, modos y usuarios que hacen que sea difícil al momento de conjugar todas las variables juntas. El uso del suelo es limitado y no siempre es posible o conveniente aumentar la malla vial. Por lo anterior es necesario jerarquizar las vías desde tres puntos de vista: capacidad y nivel de servicio, seguridad y función.

Para facilitar la movilidad es necesario disponer de vías rápidas, y para tener accesibilidad es necesario contar con vías lentas o de tráfico calmado. En la Figura 2.1 podemos apreciar lo enunciado. Por un lado, las vías principales tienen alta movilidad y poco o nulo acceso a los destinos de los usuarios, por el otro lado las vías locales tienen múltiples accesos, pero baja movilidad.

Figura 2.17. gráfica accesibilidad vs movilidad de un sistema vial urbano



Fuente: Reyes Spíndola, R. C. M. & Cárdenas Grisales, J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.

2.2.2. Clasificación de las vías urbanas

Para la clasificación funcional de una vía urbana se debe tener en cuenta la importancia relativa de cada uno de los siguientes factores:

- ❖ Características del tránsito: volumen, composición, velocidad de operación.
- ❖ Características geométricas de la vía: ancho total, número de calzadas, carriles por calzada, secciones laterales, retiros, alineamientos horizontales y verticales, pendientes longitudinales.

- ❖ Usos del suelo: Los determinados por las entidades territoriales en la zona de influencia de la vía. (Residencial, comercial, Industrial, Servicios, Usos especiales, mixtos, etc.)
- ❖ Funcionalidad: accesibilidad, visibilidad, distribución del tránsito.

2.2.2.1. Autopistas urbanas

Figura 2.18. Autopista urbana



Fuente: Ingeniería de tránsito – Álvarez, L. E.

Son vías de gran movilidad, gran capacidad, muy poco acceso y altas velocidades. Sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí), unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Establecen una conexión entre las vías interurbanas y el sistema vial urbano. Comprenden alrededor del 2.0% de la red vial de una ciudad.

Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. El acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante vías de servicio laterales. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías, ni el tránsito de peatones. En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino a través de intercambios (Todos los cruces deben hacerse a desnivel). Estas vías suelen transportar un alto volumen de vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente. Pueden alcanzar velocidades

desde de 80 km/h hasta 100 km/h (o lo adecuado en cada ciudad según las condiciones de diseño). Estas vías tienen 2 o más carriles por calzada y cada calzada es unidireccional. Sus pendientes longitudinales no deben de exceder el 3.0%. Estas vías tienen intensos flujos de tránsito de vehículos livianos y son especiales para la operación de sistemas de transporte público colectivo, de alta frecuencia y paradas distantes reguladas. Un ejemplo de estos sistemas son los BRT (Bus Rapid Transit), los cuales son un sistema diseñado para mejorar la capacidad y el servicio del transporte público en ciudades congestionadas y se basa en buses de alta capacidad de pasajeros y en carriles preferenciales para estos buses. Conectan complejos comerciales o industriales de impacto urbano. Todos los movimientos del tránsito de larga distancia dentro de la ciudad, se deben canalizar a lo largo de estas vías.

2.2.2.2. Vías arterias

Las vías arterias permiten el tránsito vehicular con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías permiten una buena distribución del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido. Como debe primar la movilidad, deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico, los semáforos deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo. Estas vías conforman la red vial básica de la ciudad, son determinantes de la estructura y forma urbanas.

El tránsito que canalizan, en esencia, corresponde a desplazamientos entre sectores urbanos y suburbanos distantes, integrándolos a la actividad urbana propiamente dicha. No deben tener, en lo posible, limitaciones a su continuidad, con el fin de que puedan alojar flujos de tránsito intensos a velocidades medias.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces sanforizados especialmente diseñados para el paso de peatones. Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo a través de bahías. En estas vías se ven todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados, para el transporte colectivo de pasajeros se usan carriles segregados y con paraderos. Las vías arterias se conectan a otras

vías arterias y a vías colectoras, no se deben conectar directamente a vías locales o residenciales.

❖ **Arterias principales**

Son vías de dos o más calzadas, un separador central, andenes a cada lado y con accesos parcialmente controlados. Los cruces pueden ser a desnivel o a nivel controlados por semáforos. Presentan un alto volumen de tráfico principalmente de vehículos livianos y buses. Las arterias principales son las más aconsejables para la circulación de sistemas de transporte colectivo de pasajeros por lo que se hace necesario la implementación de carriles de uso exclusivo y de bahías apropiadas para la operación adecuada. Pueden estar dotadas de ciclo vías, amplios separadores, línea de metro y franjas de amoblamiento. Todos los movimientos del tránsito de larga distancia, desde y dentro de la ciudad, se deben canalizar a lo largo de estas vías. Conectan complejos comerciales y/o industriales de impacto urbano. Su velocidad de diseño está entre 60 y 80 km/h La pendiente longitudinal máxima recomendada es del orden del 6%.

❖ **Arterias secundarias**

Conecta e incrementa el sistema arterial principal y son menos largas. Actúan como ejes distribuidores y recolectores de tránsito dentro de la ciudad. Constituyen la unión entre la red básica y las vías de las áreas con uso del suelo definido. Su función principal es alimentar las vías colectoras y las vías arterias principales, sin atravesar éstas. Pueden ser de una o dos calzadas y permiten la circulación de un alto porcentaje de vehículos convencionales de transporte público colectivo. Cuando son de una sola calzada son unidireccionales. En general todas sus intersecciones son a nivel controladas por semáforos y aunque su función principal es la de la movilidad del tráfico vehicular también cumple la labor de servir de accesibilidad a las propiedades colindantes. Este sistema maneja viajes de mediana longitud y los distribuye en áreas geográficas menores que las servidas por el sistema arterial principal. Su desarrollo urbanístico colindante es denso y presenta franjas de desarrollo comercial y residencial. Su velocidad de diseño está entre 50 km/h y 60 km/h y su pendiente longitudinal máxima recomendable es del 8.0%.

2.2.2.3. Colectoras

Su función principal es llevar el tránsito de las vías locales a las arterias y viceversa, distribuyen el tránsito dentro de las distintas zonas de la ciudad, es decir, permiten la accesibilidad directa a zonas residenciales, comercio, instituciones educativas, industria y demás. El tipo de vehículos que las usan son los que tienen tránsito de paso y los que van hacia su lugar de destino como casa o comercio. Comprenden alrededor del 2.0% de la red vial de una ciudad. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arterias o colectoras y, con paso a prelación, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos y el cargue y descargue se encuentra autorizado, pero debe estar regulado en horario y duración siempre velando por la correcta seguridad de todos los usuarios. Son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de transporte público se tienen paraderos o carriles especiales. Corresponden al último nivel de accesibilidad del transporte público colectivo. Las vías colectoras se conectan con las arterias, con otras colectoras y con las vías locales. Manejan velocidades entre 40km/ y 50 km/h. Generalmente son de una calzada y pueden ser unidireccionales o bidireccionales (preferiblemente unidireccionales). La pendiente longitudinal máxima recomendada es del orden del 12%.

2.2.2.4. Locales residenciales

Su función principal es proveer acceso directo a los predios, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. El mayor volumen vehicular es de livianos; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal al 100%, tienen tránsito de vehículos semipesados como repartidores de mercancía, trasteos, o recolección de basuras, se permite la libre circulación de bicicletas sin tener carril exclusivo o canalizado. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

Además de la circulación de vehículos, deben disponer de áreas suficientes para la circulación peatonal hacia el sistema de vías colectoras, en procura de acceder al sistema de transporte público colectivo ya que este no está permitido en estas vías. Manejan velocidades entre 30 km/h y 40 km/h, esto dado por diseño debido a que manejan

secciones y radios más pequeños; además es también un tema de regulación de las autoridades viales. Generalmente son de una calzada y de sentido bidireccional. La pendiente longitudinal máxima recomendada es del 16%. Comprende entre el 60 y 80% de la malla vial de una ciudad.

Las vías locales son vías de una calzada, unidireccionales que comunican las autopistas urbanas con predios residenciales o institucionales. Estas vías sirven de transición de velocidad entre una autopista urbana y entornos de bajas velocidades como los sitios de destino u origen de los usuarios.

2.2.2.5. Peatonales

Son aquellas destinadas exclusivamente al tránsito de peatones, con posibilidad de ingreso de vehículos a bajas velocidades (semipeatonales), en determinados horarios y para funciones muy específicas como emergencias o cargue y descargue de mercancía. Generalmente son de secciones entre 3m y 5m. Pueden tener bahías para el ascenso y descenso de pasajeros o cargue y descargue de mercancía cuando así estén autorizadas. Algunos ejemplos de esta clasificación son: Pasajes peatonales, malecones, boulevard, vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas.

2.2.2.6. Ciclorrutas

Figura 2.19. Ciclorruta



Fuente: Ingeniería de tránsito – Álvarez, L. E.

Son aquellas destinadas únicamente a la circulación de bicicletas. Se pueden diseñar en vías arterias o colectoras. Deben ser totalmente segregadas de los vehículos motorizados por seguridad de los usuarios. Cuando se suaviza la segregación debe ser en una vía colectoras.

2.2.2.7. Red urbana crítica

Para dar paso a la realización de este estudio debemos de dar una definición de lo que es una red urbana crítica por lo tanto empezaremos desglosando algunos conceptos para así dar paso a un concepto claro y conciso.

❖ ¿Qué es una red?

Una red es una organización formada por un conjunto de establecimientos de un mismo ramo, y en ocasiones bajo una misma dirección, que se distribuyen por varios lugares de una localidad o zona geográfica para prestar un servicio.

❖ ¿Qué es red de tráfico vehicular?

Un sistema de comunicaciones vehicular es un tipo emergente de redes, en las que los vehículos y las unidades de tierra son los nodos de comunicación; intercambiando información, como advertencias de seguridad e información de tráfico.

Tomando en cuenta las respuestas obtenidas podemos generar el concepto de red urbana dentro de lo que es el tema de tráfico vehicular.

La vía es el espacio donde se desarrolla el tránsito. Se denomina vía a toda calle, carretera o camino abierto al uso público, así como al camino privado utilizado por una colectividad indeterminada de usuarios.

❖ ¿Qué es una red urbana?

Una red urbana es un conjunto de calles que se encuentran dentro de la mancha urbana de la ciudad, teniendo estas una misma dirección o sentido, las cuales están conectadas a través de intersecciones en las cuales se intercambia información, como advertencias de seguridad e información de tráfico vehicular, para los peatones o conductores.

❖ ¿Qué es una red urbana crítica?

Para controlar un fenómeno debemos de entenderlo **¿Qué significa crítico?**

Se usa la palabra crítico como adjetivo para explicar una situación muy difícil o un estado de mucha gravedad. En el contexto de tránsito vehicular se usa la palabra “congestión”, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general.

El Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular.

Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter subjetivo y no conllevan una precisión suficiente.

Por lo tanto, conociendo el significado de los adjetivos utilizados se puede definir como **vía urbana crítica a una calle dentro de la red urbana de la ciudad que se encuentra congestionada por el elevado volumen vehicular circulando en esta, provocando así su mal estado y funcionamiento.**

2.3. QUÉ ES LA METODOLOGÍA DE ASIGNACIÓN DE TRÁFICO

El modelo de asignación es un caso especial del modelo de transporte, en el que los recursos se asignan a las actividades en términos de uno a uno. Así entonces cada recurso debe asignarse, de modo único a una actividad particular o asignación.

2.3.1. Porqué usar una metodología de asignación de tráfico

Los problemas de congestionamiento de tráfico se manifiestan sobre todo en las zonas céntricas durante los lapsos punta y es ahí donde hay que hacer los mayores esfuerzos para disminuir el mismo. Son útiles las medidas que contribuyan a que en esos lugares y momentos circule un menor volumen de automóviles, que esos períodos sean más extendidos o que una cantidad de viajes se traslade para antes o después de ellos. La alternativa de eliminar por completo un determinado número de desplazamientos sería inconveniente en la medida en que implique la pérdida de la utilidad que ellos representan para quienes quieren realizarlos, junto con la potencial supresión de las actividades que desearían desarrollar. Sin embargo, a mediano y largo plazo, las modernas tecnologías de comunicación como Internet, correo electrónico y telefonía móvil, o una modificación del

uso del suelo pueden ayudar a reducir la necesidad de moverse, con un efecto beneficioso sobre la congestión.

2.3.2. Es necesario proscribir al automóvil

La supresión lisa y llana del automóvil en zonas céntricas parece inviable, a la vez que innecesaria. Las medidas sobre la demanda deben apuntar primordialmente a modificar la repartición modal o tipo de vehículo usado en las horas de mayor concentración y desplazar una parte de los viajes a horas de menores niveles de tránsito. Un menor uso del automóvil en las horas punta significa ampliar de hecho la disponibilidad de espacio vial, lo que se traduce en un aumento de las velocidades y una disminución de los tiempos de viaje de todos los vehículos, incluidos por cierto los de transporte público.

2.3.3. Que cambio de conducta reduciría el congestionamiento de tráfico

De acuerdo a lo razonado, la congestión podría disminuirse en buena medida si fuese posible convencer a un número significativo de automovilistas de que efectuaran sus desplazamientos en sectores o períodos congestionados mediante vehículos colectivos o por medios no motorizados, o que modificaran el horario del viaje. En otras palabras, se trata de inducir cambios de conducta que impliquen el reemplazo transitorio del automóvil. Los resultados esperados son:

- ❖ mayor utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluido el uso compartido del vehículo particular.
- ❖ transferencia de viajes en automóvil desde las horas punta a horas fuera de punta.
- ❖ realización de viajes a pie o en bicicleta.

2.3.4. Tipos de metodologías de asignación de tráfico

2.3.4.1. Control de estacionamiento

El estacionamiento es una condición evidentemente indispensable en todo sistema de transporte vial. En particular los automóviles no están destinados a un movimiento perpetuo, sino a realizar viajes determinados y específicos, según sea el propósito de los usuarios. Una vez concluido un desplazamiento, o al cabo de una secuencia de ellos,

cuando el usuario ya no requiera moverse, el vehículo pasa a una etapa de reposo, en la que debe, necesariamente, ocupar un espacio que se sustrae a casi todo uso alternativo.

❖ **¿En qué forma puede el control de estacionamiento aminorar la congestión?**

Lo señalado abre la opción de manejar los estacionamientos como herramienta para regular el tránsito y aminorar la congestión. La dotación de estacionamientos o su ausencia, así como su costo, facilitan u obstaculizan el acceso en automóvil, sobre todo para aquellos recorridos en los que el usuario debe encontrar, de una manera accesible, un lugar para dejar el automóvil. La escasez de estacionamiento en la cercanía de los destinos o un valor elevado por su uso es, de hecho, en numerosas situaciones, un desincentivo al uso del vehículo particular, así como su buena disponibilidad genera el efecto contrario. Es preciso encontrar el mejor equilibrio entre accesibilidad y limitaciones en el uso del automóvil, lo que puede exigir el mejoramiento del transporte público e implantar las medidas restrictivas en forma gradual.

❖ **¿Qué se pretende con el control de estacionamiento?**

Los objetivos que se pueden perseguir al actuar sobre los estacionamientos, con el fin de aliviar la congestión, son los siguientes:

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como, por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.
- incentivar la transferencia de viajes de horas punta a horas fuera de punta.
- facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros
- reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- la prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos.
- la fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento.
- la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

2.3.4.2. Escalonamiento en horarios

Los volúmenes de tránsito tienen marcados períodos punta, en los que se concentra gran número de viajes. Generalmente, ello se debe a que al comienzo del día se produce el inicio de gran cantidad de actividades, lo que induce a muchas personas a desplazarse en forma casi simultánea a su sitio de trabajo o estudio. Un fenómeno parecido, aunque menos acentuado, se produce en la tarde al concluir el período laboral y comercial. En consecuencia, la congestión se puede aliviar en la medida en que sea factible repartir los inicios de las diferentes jornadas a lo largo de un período más extenso.

❖ ¿En qué consiste el escalonamiento de horarios?

El escalonamiento de horarios consiste en establecer distintas horas de entrada y salida para las diferentes actividades que existen en las grandes ciudades, tales como trabajo, comercio, colegios, universidades, y otras, de modo que cada actividad tenga un comienzo desfasado en relación con las otras. Lo que se pretende con esta medida es evitar que las horas punta sean muy marcadas, puesto que los viajes se repartirían en un período más extendido. De esa forma, se distribuye en el tiempo la demanda por el sistema vial, estando las calles menos congestionadas. Como es obvio, los mejores resultados se conseguirían si se lograra distribuir en un mayor lapso los viajes de las horas punta. La reorganización que se pueda hacer de los horarios depende directamente del funcionamiento de las actividades en cada ciudad; en todo caso, debe cautelarse no interferir en el normal funcionamiento de las actividades afectas a modificación. Cada ciudad tiene una actividad comercial distinta, un sistema educacional que puede o no estar distribuido espacialmente en forma homogénea y una cultura que puede o no facilitar la aplicación de esta medida.

❖ ¿Qué cambios y adaptaciones son factibles?

Hay una tendencia a que la entrada a los colegios sea anterior a la del trabajo en general, dado el deseo de muchos padres de pasar a dejar a sus hijos en camino a sus obligaciones laborales. La educación superior, el comercio y buena parte de las actividades privadas parecen disponer de mayor flexibilidad de horario.

Una opción cierta es diferenciar las horas de entrada de distintos ámbitos laborales, como el sector público, el privado, los bancos y la construcción. A veces esto se logra espontáneamente, pues la construcción suele comenzar apenas despunta el sol. A su vez, el sector público puede adelantar o atrasar su comienzo, dependiendo de la idiosincrasia nacional o del número de horas que incluya la jornada –si es de seis horas, es factible desarrollarla íntegramente antes de almuerzo. La banca a distancia, posibilitada por Internet, hace menos perentoria la necesidad de abrir muy temprano. Otra posibilidad es estimular que, dentro de una empresa, la jornada laboral sea flexible para todos aquellos que resulte factible. En otras palabras, cada trabajador elegiría su hora de entrada y de salida, respetando el número total de horas de trabajo y determinados períodos en que obligatoriamente todos deberían estar en sus puestos, para poder desarrollar consultas u otras actividades en común. El teletrabajo, aprovechando las modernas técnicas de comunicación: Internet, correo electrónico, y otros, puede ayudar también a la dispersión de horarios. De todos modos, hay que reconocer que el sector privado se presta más para este tipo de innovaciones. Algunos estudios de caso muestran la validez del escalonamiento de horarios como instrumento contra la congestión (Fernández, 1985).

2.3.4.3. Restricción vehicular

Dado que la congestión se produce por la presencia de muchos automóviles circulando, ha surgido la idea de aminorar la congestión mediante la prohibición de circular, aplicable a una parte del parque existente, sin afectar el derecho de comprar vehículos.

❖ **¿Qué es la restricción vehicular?**

La restricción vehicular consiste en prohibir la circulación de una parte de los vehículos en determinadas zonas y lapsos de tiempo, los días lunes a viernes. Esta medida se ha aplicado para reducir la congestión o la contaminación ambiental; por consiguiente, según sea lo que se persigue, deberían ser diferentes sus modalidades de aplicación. El enfoque aquí es el de enfrentar la congestión por la vía de evitar la circulación de cierto número de vehículos en la zona restringida, aunque por contraste hay referencias al control de la polución.

❖ **¿A quiénes restringir?**

La obtención de resultados apreciables en cuanto a reducción de la congestión implica aplicar la prohibición a una fracción importante del parque vehicular, la que debe ser rotativa a lo largo de la semana. Habitualmente se ha optado por imponerla de lunes a viernes al 20% de los vehículos restringibles, aunque en condiciones de alta contaminación ambiental se puede superar esta proporción.

❖ **¿Qué tipos de vehículos serían restringidos?**

La prohibición puede abarcar todo tipo de vehículos en forma pareja o bien exceptuar a algunos. Primordialmente sufren la restricción los vehículos de transporte particular: automóviles, incluyendo todo tipo de taxis, y camionetas. Por otra parte, es usual que se prohíba la circulación de camiones y otros vehículos de carga en zonas céntricas en las horas punta, además de establecer horarios especiales para las faenas de carga y descarga. No tiene sentido prohibir la circulación de buses, a menos que se trate también de combatir la contaminación, pues son precisamente ellos los que menos congestionan por pasajero transportado y constituyen una importante opción en el caso de tener que dejar guardado el auto propio. Por la misma causa, tampoco debería afectarse al transporte escolar, que en muchas ciudades es ofrecido por minibuses. Los taxis colectivos transportan relativamente pocos pasajeros como para justificar su exención, además de que, si ella existiera, habría una presión para transformar masivamente los taxis individuales en colectivos.

❖ **Formas de materializar la restricción.**

Una opción simple es imponerla en función del último dígito de la placa patente. La prohibición diaria de circular de dos dígitos, restringe al 20% y permite abarcarlos a todos en un ciclo de lunes a viernes. Otras fórmulas permiten restringir una fracción mayor o menor. Es conveniente mantener el turno de restricción por períodos prolongados, posiblemente varios meses, para evitar en los usuarios la confusión que provocan los cambios frecuentes. Sin embargo, la permanencia prolongada perjudica a quienes les toca los viernes, día en que muchos desean salir de la ciudad, razón por la que debe haber cambios cada cierto tiempo. Otra posibilidad, más cercana a los mecanismos de mercado, es discriminar por medio del permiso de circulación o tasa de rodaje. En las ciudades en que se pretenda implantar se cobraría una tasa adicional, que sería de un valor elevado para quienes deseen quedar exentos de la restricción, de valores decrecientes para restricción, por ejemplo, de uno o dos días a la semana, y nulo para restricción continua de lunes a viernes. Los montos se fijarían en niveles que permitan reducir la circulación en la proporción deseada.

La diferenciación se haría mediante sellos pegados en el parabrisas, de distintos colores y características. Por cierto, que es posible el mecanismo inverso de rebajar el valor del permiso anual en distintos montos, en función de los días semanales de restricción. En todo caso, debe aceptarse que la fiscalización es más compleja que en el caso de tener que considerar sólo el último dígito.

❖ **Sectores de la ciudad con restricción**

Esta medida debería abarcar a todos los sectores de la ciudad en que haya congestión, la que generalmente existe en las zonas céntricas y diversas avenidas importantes. La restricción debería limitarse a ellas, aunque por razones prácticas y de simplicidad suele aplicarse a la mayor parte de la ciudad, dentro de un perímetro establecido. Aplicar la restricción a la ciudad completa sólo se justificaría por razones ambientales.

❖ **Períodos de vigencia**

La restricción habría que aplicarla en los momentos de congestión, vale decir, en las horas punta, especialmente la de la mañana. Si muchos automovilistas optaran por ir al trabajo en un modo diferente, es menos probable que usen su vehículo en la hora punta de la tarde, lo que la aliviaría automáticamente. La restricción se ha aplicado durante el día completo, excluyendo la noche. Su aplicación durante las horas valle (períodos fuera de punta) del día tendría justificación por razones ambientales, no así desde el punto de vista de la congestión. Durante los feriados, así como en el período del año en que baja notablemente el tránsito urbano a causa de las vacaciones, obviamente debería suspenderse la restricción vehicular.

2.3.4.4. Tarificación vehicular

La congestión de tránsito se debe en parte a la fuerte propensión a usar el automóvil, que se ve reforzada por el hecho de que el usuario individual no percibe los costos que impone a los demás al circular bajo aquellas condiciones. La tarificación vial es una manera de hacer recaer dichos costos en quienes los provocan, de modo que sólo seguirían circulando en automóvil durante las horas punta quienes estén dispuestos a pagar la tarifa, lo que se traduciría en una baja neta de los niveles de tránsito.

❖ **Descripción de la medida**

La tarificación vial consiste en realizar un cobro por circular en o por ingresar a vías o zonas específicas durante períodos en que en ellas existe congestión. La función de la tarifa es hacer percibir a quien circula en la zona congestionada, que su presencia impone un costo adicional a los demás vehículos que están circulando, compuesto por incrementos de tiempos de viaje y de costos de operación, especialmente, combustibles. Normalmente, dicho sobre costo no es internalizado individualmente y las decisiones de los usuarios obedecen a una visión centrada en los costos propios, que, aunque incluyen el efecto de la congestión sobre sí mismos, son menores a los totales. El resultado es que se producen niveles de tránsito incrementados, que se apartan de lo conveniente a la economía. En la práctica, el precio de transporte percibido en condición de congestión es análogo

a que, si estuviera subsidiado, sin que para ello exista una razón de índole económica. Al contrario, en la medida en que cada usuario internalice el sobre costo que causa, se racionaliza el uso de las vías públicas. En efecto, determinados usuarios no estarán dispuestos a pagar la tarifa de congestión, por lo que buscarán otras opciones, ya sea empleando otros modos de transporte o efectuando el viaje en automóvil en períodos en que no exista cobro. En teoría, se optimizaría el uso de las calles si pudiese cobrarse en todo momento exactamente el costo adicional –o marginal, de acuerdo a su designación técnica–, y las personas supieran dicho valor para cada una de sus opciones de viaje antes de empezar su desplazamiento, dando como resultado una congestión bajo control. En consecuencia, la tarificación por congestión es un desincentivo al uso del vehículo personal en las zonas y períodos congestionados. Una interesante particularidad es que el uso de las vías públicas queda regulado mediante un instrumento de mercado y no por medio de una reglamentación impuesta por las autoridades.

❖ **Períodos en que se efectúa la tarificación**

La tarificación debe abarcar los períodos en que exista congestión, lo que sucede por lo general en las horas punta. Habitualmente, la hora punta de la mañana suele ser la más congestionada; por ello, es posible que la medida resulte suficientemente efectiva si se aplica sólo en este período, pues muchos dejarían de ir al trabajo en automóvil, con lo que automáticamente se aliviaría la hora punta de la tarde. Si la congestión permanece por períodos mayores, la tarificación podría extenderse más allá de las horas punta.

❖ **Tipos de vehículos sujetos a tarificación**

Aparentemente, sería necesario someter a tarificación a todos los vehículos, pues, aunque en distinto grado, todos contribuyen a la congestión. Sin embargo, los principales causantes de congestión, en relación al número de pasajeros transportados, son los automóviles, por lo que es aceptable aplicar la medida sólo a ellos.

CAPÍTULO III
RELEVAMIENTO DE
INFORMACIÓN Y
CALCULOS EN EL ÁREA
DE ESTUDIO

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Enfoque de estudio

Mediante la aplicación práctica del siguiente estudio de tráfico se pretende cuantificar y evaluar los parámetros de la ingeniería de tráfico, realizando el levantamiento de datos mediante aforos en todas las intersecciones presentadas en las redes urbanas críticas seleccionadas.

Estas redes son vías de acceso a nuestra ciudad y dentro de la mancha urbana de esta, en ellas existe un gran volumen de circulación de vehículos.

La recolección de datos consistirá en realizar los aforos vehiculares, peatonales en las intersecciones de la zona de estudio, la medición de las velocidades, ciclos de semaforización y señalización.

Además del levantamiento de datos de las características geométricas de las intersecciones, entre ellas el ancho de acceso.

Una vez contando con todos los datos disponibles se realizará una contrastación entre la capacidad, el nivel de servicio analizando si los resultados calculados con el método corresponden a los datos reales que existen para cada punto. Para posteriormente plantear recomendaciones, brindando posibles alternativas de solución en los puntos conflictivos para implementar metodologías de asignación de tráfico que aumenten la eficacia y buen funcionamiento de las mismas.

3.1.2. Ubicación del proyecto

La ubicación del área de estudio del proyecto se encuentra en el municipio de Tarija perteneciente a la provincia Cercado.

Para la selección de las redes de estudio se tomó en cuenta los siguientes aspectos.

❖ **Accesibilidad**

Condición que permite en cualquier espacio o ambiente exterior o interior, el fácil y seguro desplazamiento, y la comunicación de la población en general y en particular, de los individuos con discapacidad y movilidad y/o comunicación reducida, ya sea permanente o transitoria.

❖ **Vialidad**

Un inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en su cantidad, ubicación de los paraderos de buses justo en puntos de una reducción en el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, especialmente la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión.

❖ **Conducta automovilista**

Hay conductores que muestran poco respeto por los demás con quienes comparten las vías. En algunas partes de la ciudad muchos automovilistas, intentando ahorrar algunos segundos de tiempo de viaje para sí mismos, tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando a las demás desventajas muy superiores a su propio beneficio. En otras zonas, como el centro de la ciudad, la tradición de que los buses se detienen en el punto inmediatamente anterior a una intersección es causa de congestión (y de accidentes). En zonas con una oferta generosa de taxis, sin costumbre de operar a partir de paraderos fijos, su conducta de circular a baja velocidad en búsqueda de pasajeros también genera congestión. A ello debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos o de tracción animal. Debe tenerse presente que al reiniciarse la marcha después de la detención en un semáforo, una suerte de congestión es generada por el atraso impuesto a vehículos con tasas de aceleración normales, debido a la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un

vehículo varado es causal de una fuerte perturbación a la fluidez del tránsito, pues elimina, de hecho, una pista de circulación.

Tomando en cuenta estos aspectos que son los más importantes y el comportamiento vehicular se escogió seis redes de estudio ubicadas en la ciudad de Tarija.

Para el buen desarrollo del proyecto, tomando en cuenta el tiempo estimado en la culminación del mismo se seleccionó cuatro redes críticas de los alrededores del centro de la ciudad de Tarija y dos del centro para poder hacer una comparativa y observar el crecimiento del volumen vehicular y peatonal.

La aplicación del método en dichas zonas se debe a que son las zonas más conflictivas en la actualidad, presenta el mayor índice de circulación vehicular y posee señalización escasa o en otros casos deficiente.

❖ **La zona de estudio comprendería:**

- **Norte – Sur**

- Calle Cochabamba entre Méndez y Ballivián
- Avenida Belgrano entre avenida La Paz y baden quebrada el monte

- **Sur – Norte**

- Avenida Circunvalación entre Froilán Tejerina y Monseñor Font

- **Oeste - Este**

- Calle Junín entre avenida Víctor Paz y avenida Circunvalación
- Calle Narciso Campero entre avenida Las Américas y calle Cochabamba

- **Este - Oeste**

- Ingreso a San Luis, avenida Alto de la Alianza entre avenida Víctor Paz RN1 y Cap. Arturo Valle Peralta.

Entendido ya el concepto de vía urbana crítica se procede a seleccionar tramos claves dentro de cada vía de estudio seleccionada, en los cuales tomaremos en cuenta aspectos de ubicación y funcionalidad. Es por esta razón que estos tramos no serán de iguales magnitudes entre sí.

- **Vía:**

- Norte – Sur**

- Calle Cochabamba entre Méndez y Ballivián

- El tramo seleccionado en esta vía será:

- Calle Cochabamba entre calle General Trigo y calle Colón**

- Se toma en cuenta que este tramo es el que conecta el centro de la ciudad con el barrio la loma y es una alternativa principal a la iglesia San Roque, al mercado central y al colegio San Bernardo. Es un tramo que se encuentra en zona central.

- **Vía:**

- Norte – Sur**

- Avenida Belgrano entre avenida La Paz y Baden quebrada el monte

- El tramo seleccionado en esta vía será:

- Avenida Belgrano entre avenida La Paz y calle España**

- Se toma en cuenta este tramo por su funcionalidad dado que se encuentra en una zona escolar por el colegio Belgrano y comercial porque en esta zona se desarrolla la venta de carne, dado como resultado una congestión vehicular elevada en horas pico.

- **Vía:**

- Sur – Norte**

- Avenida Circunvalación entre Froilán Tejerina y Monseñor Font

- El tramo seleccionado en esta vía será:

- Avenida Circunvalación entre avenida Monseñor Font y avenida La paz**

Se toma en cuenta este tramo por su funcionalidad y estado dado que le falta señalización y es una vía en la que la circulación de tráfico pesado es constante.

- **Vía:**

- **Oeste – este**

- Calle Junín entre avenida Víctor Paz y avenida Circunvalación

El tramo seleccionado en esta vía será:

- **Calle Junín entre calle Ingavi y avenida Potosí**

Se toma en cuenta este tramo dado la importancia que adopto debido al crecimiento de la ciudad, en esta zona se encuentran centros de acondicionamiento físico y es aledaño a centros educativos a su vez debemos de tomar en cuenta la importancia de señalización en la intersección de la calle Junín y calle Ingavi.

- **Vía:**

- **Oeste – este**

- Calle Narciso Campero entre avenida Las Américas y calle Cochabamba

El tramo seleccionado en esta vía será:

- **Calle Narciso Campero entre calle Bolívar y calle Cochabamba**

Se toma en cuenta este tramo por su alta demanda en transporte público y por ser encontrarse en una zona netamente central.

- **Vía:**

- **Este – Oeste**

- Ingreso a San Luis, avenida Alto de la Alianza entre avenida Víctor Paz RN1 y Cap. Arturo Valle Peralta.

El tramo seleccionado en esta vía será:

Avenida Alto de la Alianza entre calle Saavedra y calle Ibibobo

Se toma en cuenta este tramo por su alta importancia en la conexión que tiene para el ingreso hacia los barrios alejados de la ciudad y el ingreso exclusivo a la zona militar.

Tabla 3.1. Ubicación de las redes urbanas críticas dentro del municipio de Tarija

Dirección	Calle principal	Calles secundarias
Norte – Sur	Calle Cochabamba	Calle General Trigo – Calle Colón
Norte – Sur	Avenida Belgrano	Av. La Paz – Calle España
Sur – Norte	Avenida Circunvalación	Av. Monseñor Font – Av. La Paz
Oeste – Este	Calle Junín	Calle Ingavi – Av. Potosí
Oeste – Este	Calle Narciso Campero	Calle Bolívar – Calle Cochabamba
Este – Oeste	Avenida Alto de la Alianza	Calle Saavedra – Calle Ibibobo

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Delimitación de la zona de estudio

Tomando en cuenta las direcciones y las zonas se tomó en cuenta las siguientes redes.

Figura 3.1. Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)



Fuente: Google Earth Pro

Figura 3.2. Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)



Fuente: Google Earth Pro

Figura 3.3. Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)



Fuente: Google Earth Pro

Figura 3.4. Calle Junín (calle Ingavi – av. Potosí)



Fuente: Google Earth Pro

Figura 3.5. Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)



Fuente: Google Earth Pro

Figura 3.6. Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)



Fuente: Google Earth Pro

3.1.4. Características de la zona de estudio

3.1.4.1. Características generales de la zona de estudio

❖ Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)

La calle Cochabamba es una de las principales rutas y vías de acceso al centro de nuestra ciudad de Tarija.

La zona que abarca toda calle Cochabamba es netamente comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

Dentro del área de estudio se identificaron un total de 4 intersecciones.

❖ Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)

La avenida Belgrano es una de las principales rutas y vías de acceso de nuestra ciudad de Tarija.

La zona que abarca toda la avenida Belgrano es netamente comercial, tomando en cuenta la existencia de un edificio escolar; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

Dentro del área de estudio se identificaron un total de 3 intersecciones.

❖ **Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)**

La avenida Circunvalación es una de las principales rutas y vías de acceso de nuestra ciudad de Tarija.

Al ser una de las principales arterias, es ruta de vehículos pesados.

La zona que abarca toda la avenida Circunvalación es netamente comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

Presenta zonas con datos de accidentabilidad considerables.

Dentro del área de estudio se identificaron un total de 4 intersecciones.

❖ **Calle Junín (calle Ingavi – av. Potosí)**

La calle Junín es una ruta que se encuentra alrededor del centro de la ciudad de Tarija.

La zona que abarca toda calle Junín se está convirtiendo en una zona comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

Dentro del área de estudio se identificaron un total de 4 intersecciones.

❖ **Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)**

La calle Narciso Campero es una ruta que se encuentra en el centro de nuestra ciudad de Tarija.

La zona que abarca toda calle Narciso Campero es netamente comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

Dentro del área de estudio se identificaron un total de 4 intersecciones.

❖ **Av. Alto De La Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)**

La avenida Alto de la Alianza es una de las principales rutas y vías de acceso de nuestra ciudad de Tarija.

La zona que abarca toda la avenida Alto de la Alianza es netamente de ingreso a una de las zonas alejadas del centro de la ciudad que a su vez cuenta con mercado, colegio, iglesia y la presencia de los batallones de las fuerzas armadas; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.

No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.

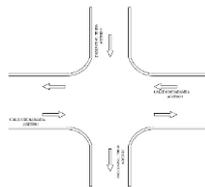
Dentro del área de estudio se identificaron un total de 4 intersecciones.

3.1.4.2. Características físicas y geométricas de la zona de estudio

❖ **Tramo norte – sur**

- **Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colon)**
 - **Intersección (calle Cochabamba – calle General Trigo)**

Figura 3.7. Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle General Trigo)



Fuente: Elaboración propia

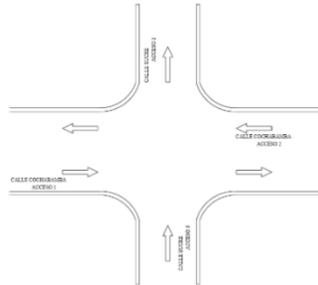
Tabla 3.2. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle General Trigo)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Calle Cochabamba	Calle General Trigo
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No existe	No existe
Señales verticales/tipo/ estado	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (calle Cochabamba – calle Sucre)**

Figura 3.8. Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Sucre)



Fuente: Elaboración propia

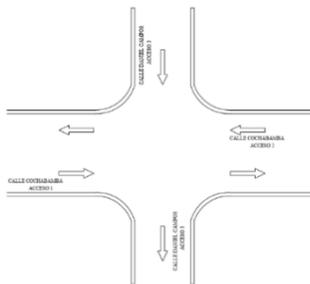
Tabla 3.3. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Sucre)

Descripción	Calle de estudio	
	Calle Cochabamba	Calle Sucre
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/estado	No existe	No existe
Señales verticales/tipo/estado	existe/restrictiva/buena	No existe
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)**

Figura 3.9. Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)



Fuente: Elaboración propia

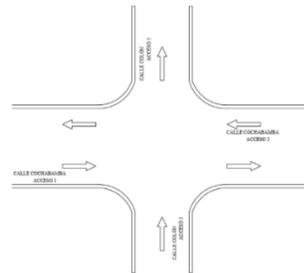
Tabla 3.4. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Calle Cochabamba	Calle Daniel Campos
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	Si/restrictiva/bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Cochabamba – calle Colón).

Figura 3.10. Croquis de la intersección (calle Cochabamba – calle Colón)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5. Descripción de la intersección (calle Cochabamba – calle Colón)

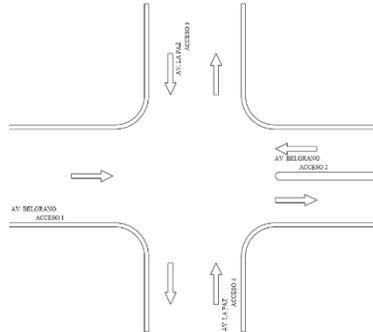
Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Calle Cochabamba	Calle Colon
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	Si/informativa/bueno
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo norte – sur**

- **Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)**
- **Intersección (av. Belgrano – av. La Paz)**

Figura 3.11. Croquis de la intersección (av. Belgrano – av. La Paz)



Fuente: Elaboración propia

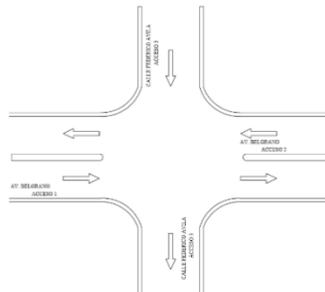
Tabla 3.6. Descripción de la intersección (av. Belgrano – av. La Paz)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Belgrano
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	Si/Regular	Si/Regular
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Restrictiva/Bueno	Si/Preventiva/regular
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (av. Belgrano – calle Federico Ávila)**

Figura 3.12. Croquis de la intersección (av. Belgrano – calle Federico Ávila)



Fuente: Elaboración propia

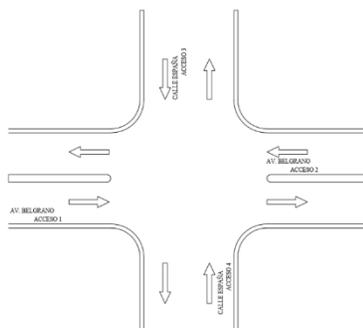
Tabla 3.7. Descripción de la intersección (av. Belgrano – calle Federico Ávila)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Belgrano	Calle Federico Ávila
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/estado	Si/Regular	No
Señales verticales/tipo/estado	Si/Reglamentaria/Regular	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- intersección (av. Belgrano – calle España)

Figura 3.13. Croquis de la intersección (av. Belgrano – calle España)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8. Descripción de la intersección (av. Belgrano –calle España)

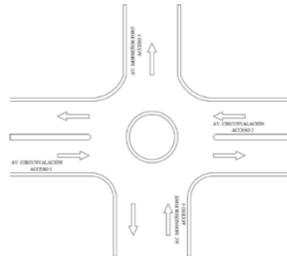
Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Belgrano	Calle España
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/estado	Si/Regular	No
Señales verticales/tipo/estado	Si/Reglamentaria y Preventiva/Regular	Si/informativa/Bueno
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo sur – norte**

- **Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)**
 - **Intersección (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)**

Figura 3.14. Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)



Fuente: Elaboración propia

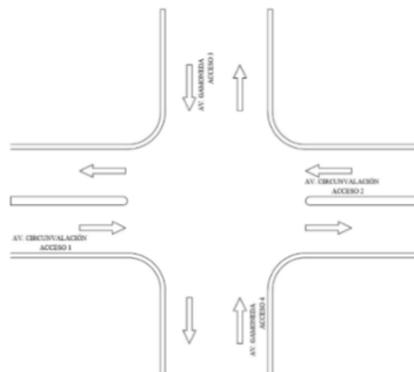
Tabla 3.9. Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Av. Monseñor Font
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Informativa/bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración Propia

- **Intersección (av. Circunvalación – av. Gamoneda)**

Figura 3.15. Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Gamoneda)



Fuente: Elaboración propia

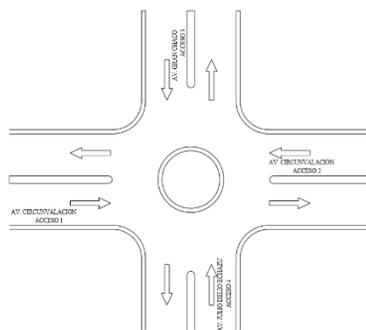
Tabla 3.10. Descripción de la intersección (Av. Circunvalación – av. Gamoneda)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)**

Figura 3.16. Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)



Fuente: Elaboración propia

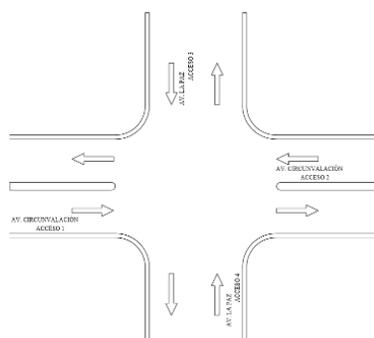
Tabla 3.11. Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (av. Circunvalación – av. La Paz)**

Figura 3.17. Croquis de la intersección (av. Circunvalación – av. La Paz)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12. Descripción de la intersección (av. Circunvalación – av. La Paz)

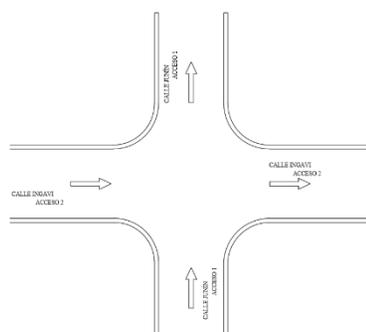
Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	Si/Informativa/Regular
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Junín (calle Ingavi – calle Potosí)**
 - **Intersección (calle Junín – calle Ingavi)**

Figura 3.18. Croquis de la intersección (calle Junín – calle Ingavi)



Fuente: Elaboración propia

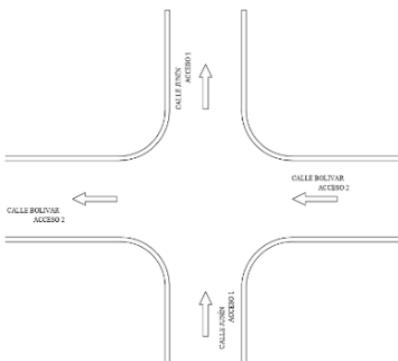
Tabla 3.13. Descripción de la intersección (calle Junín – calle Ingavi)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Junín
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No
Coordenadas	S	N

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Junín – calle Bolívar)

Figura 3.19. Croquis de la intersección (calle Junín – calle Bolívar)



Fuente: Elaboración Propia

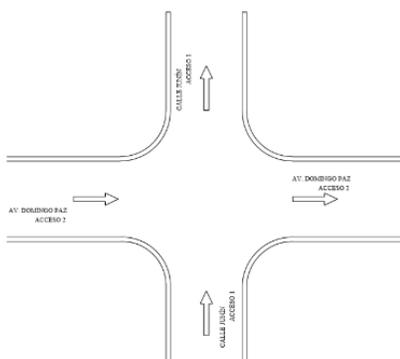
Tabla 3.14. Descripción de la intersección (calle Junín – calle Bolívar)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Junín
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Preventiva e Informativa/Regular	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Junín – av. Domingo Paz)

Figura 3.20. Croquis de la intersección (calle Junín – av. Domingo Paz)



Fuente: Elaboración propia

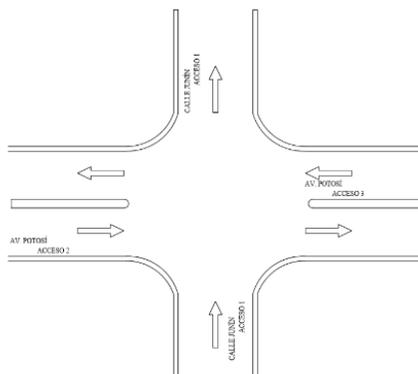
Tabla 3.15. Descripción de la intersección (calle Junín – av. Domingo Paz)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Junín
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No	No
Señales verticales/Tipo/ Estado	Si/Preventiva/Regular	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Junín – av. Potosí)

Figura 3.21. Croquis de la intersección (calle Junín – av. Potosí)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16. Descripción de la intersección (calle Junín – av. Potosí)

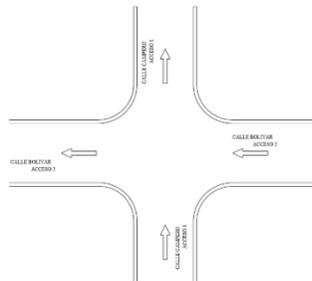
Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Junín
Tipo de calle	Un sentido	Dos sentidos
Señales horizontales/estado	Si/Malo	Si/Malo
Señales verticales/tipo/estado	Si/Informativa/Regular	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)**
- **Intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)**

Figura 3.22. Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)



Fuente: Elaboración propia

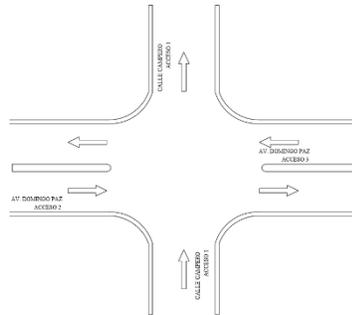
Tabla 3.17. Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Narciso Campero
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/estado	Si/Malo	Si/Malo
Señales verticales/tipo/estado	Si/Reglamentaria/Bueno	Si/Informativa/Regular
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Narciso Campero – av. Domingo Paz)

Figura 3.23. Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – av. Domingo Paz)



Fuente: Elaboración propia

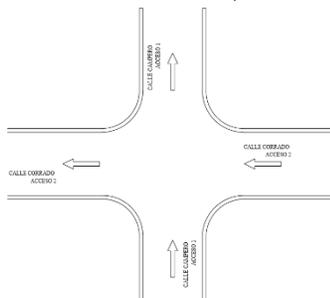
Tabla 3.18. Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – av. Domingo Paz)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Narciso Campero
Tipo de calle	Un sentido	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	Si/Malo	Si/Malo
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Reglamentaria/Bueno	Si/Reglamentaria/Bueno
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (calle Narciso Campero – calle Corrado)

Figura 3.24. Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Corrado)



Fuente: Elaboración propia

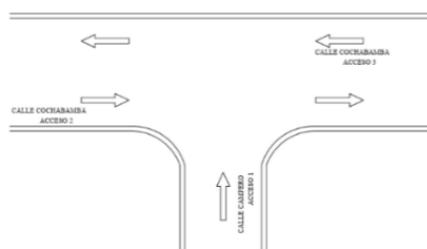
Tabla 3.19. Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Corrado)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Narciso Campero
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	No	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (calle Narciso Campero – calle Cochabamba)**

Figura 3.25. Croquis de la intersección (calle Narciso Campero – calle Cochabamba)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20. Descripción de la intersección (calle Narciso Campero – calle Bolívar)

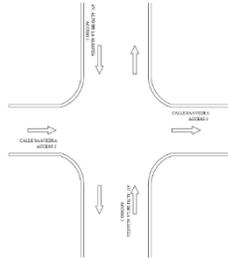
Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Calle Narciso Campero
Tipo de calle	Un sentido	Dos sentidos
Señales horizontales/ estado	No	No
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Informativa/Bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración Propia

❖ Tramo este – oeste

- Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)
 - Intersección (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)

Figura 3.26. Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)



Fuente: Elaboración propia

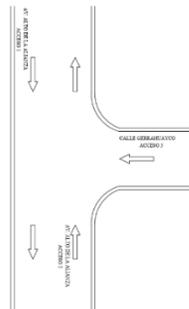
Tabla 3.21. Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Alto de la Alianza
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	Si/Regular	Si/Regular
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Reglamentaria/Bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- Intersección (av. Alto de la Alianza – calle Guerra Huayco)

Figura 3.27. Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Guerra Huayco)



Fuente: Elaboración propia

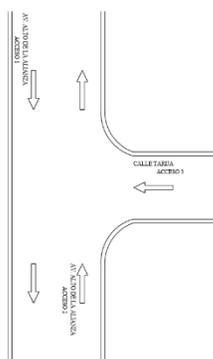
Tabla 3.22. Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Guerra Huayco)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Alto de la Alianza	Calle Guerra huayco
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	Si/Regular	Si/Regular
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Reglamentaria/Bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)**

Figura 3.28. Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)



Fuente: Elaboración propia

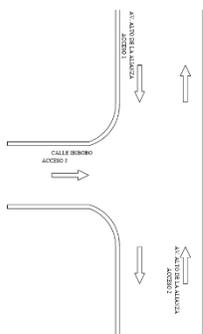
Tabla 3.23. Descripción de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Alto de la Alianza	Calle Tarija
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	Si/Regular	Si/Regular
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Reglamentaria/Bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

- **Intersección (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)**

Figura 3.29. Croquis de la intersección (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24. Descripción de la intersección (Av. Alto de la Alianza – Calle Ibibobo)

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Alto de la Alianza
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ estado	Si/Regular	Si/Regular
Señales verticales/tipo/ estado	Si/Informativa/Bueno	No
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No

Fuente: Elaboración propia

3.2. COMPUTO DE DATOS

3.2.1. Determinación de la hora pico (método AASHTO)

En primer lugar, se definieron las horas pico que se presentan en la zona de estudio; es decir, el período de tiempo en el que regularmente se existen congestiones en la vía o volúmenes de tráfico altos.

En este caso se seleccionó las intersecciones influidas en el tramo; realizando el aforo desde horas 6:00 a horas 20:00.

Dando como resultado los valores de las tablas 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30.

Se puede observar en la gráfica 3.1. que los picos más representativos se presentan de horas: 7:00 a 8:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Por lo tanto, el aforo de volúmenes de tráfico vehicular; así como también el de peatones y velocidades, se realizó de lunes a domingo y en las horas mencionadas.

❖ **Tramo norte – sur**

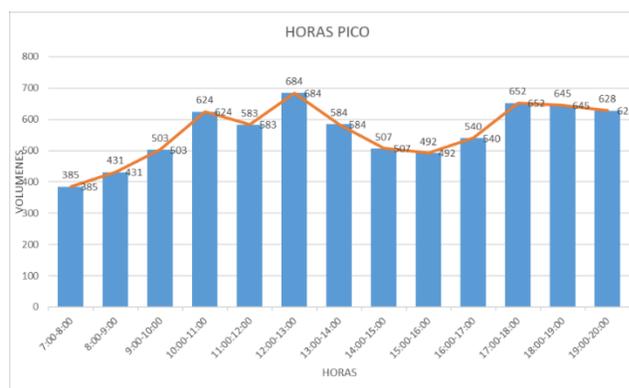
- **Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)**

Tabla 3.25. Valores de horas pico calle Cochabamba

Hora	Volumen de vehículos (total)
7:00-8:00	385
8:00-9:00	431
9:00-10:00	503
10:00-11:00	624
11:00-12:00	583
12:00-13:00	684
13:00-14:00	584
14:00-15:00	507
15:00-16:00	492
16:00-17:00	540
17:00-18:00	652
18:00-19:00	645
19:00-20:00	628

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.30. Horas pico – calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo norte – sur**

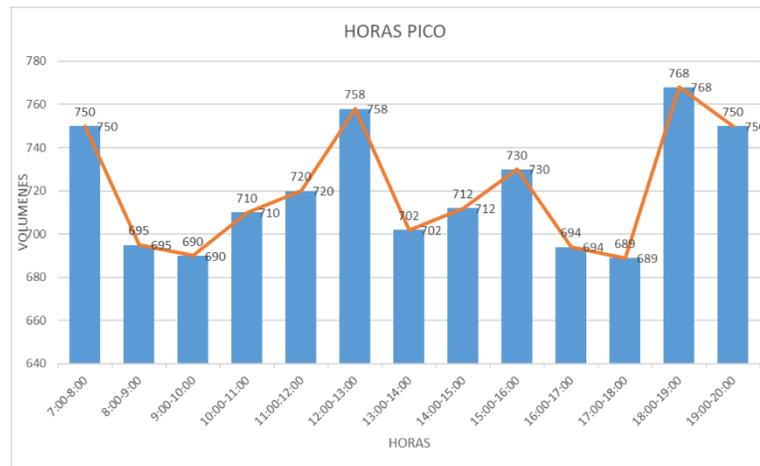
- **Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)**

Tabla 3.26. Valores de horas pico calle Belgrano

Hora	Volumen de vehículos (total)
7:00-8:00	750
8:00-9:00	695
9:00-10:00	690
10:00-11:00	710
11:00-12:00	720
12:00-13:00	758
13:00-14:00	702
14:00-15:00	712
15:00-16:00	730
16:00-17:00	694
17:00-18:00	689
18:00-19:00	768
19:00-20:00	750

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.31. Horas pico – calle Belgrano



Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo sur – norte**

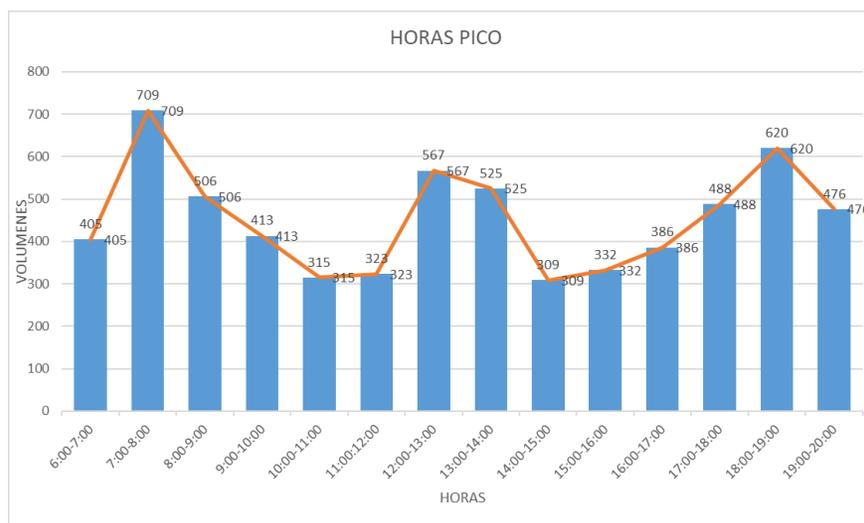
- **Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)**

Tabla 3.27. Valores de horas pico av. Circunvalación

Hora	Volumen de vehículos (total)
6:00-7:00	405
7:00-8:00	709
8:00-9:00	506
9:00-10:00	413
10:00-11:00	315
11:00-12:00	323
12:00-13:00	567
13:00-14:00	525
14:00-15:00	309
15:00-16:00	332
16:00-17:00	386
17:00-18:00	488
18:00-19:00	620
19:00-20:00	476

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.32. Horas pico – av. Circunvalación



Fuente: Elaboración Propia

❖ **Tramo oeste – este**

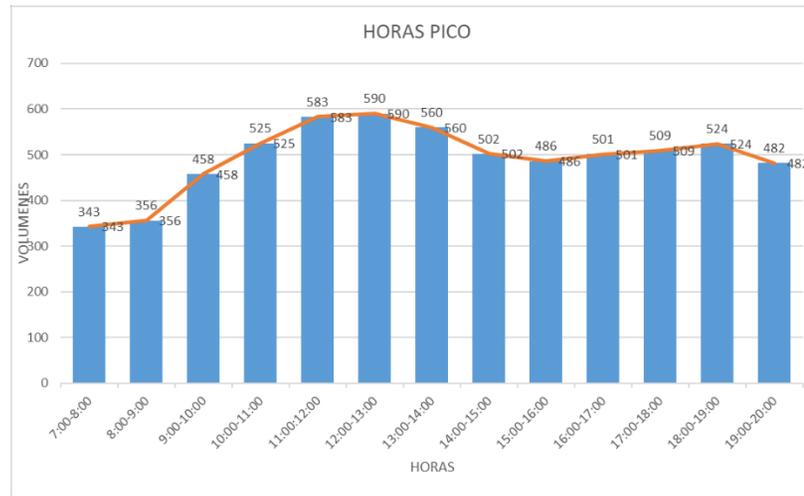
- **Calle Junín (calle Ingavi – av. Potosí)**

Tabla 3.28. Valores de horas pico calle Junín

Hora	Volumen de vehículos (total)
7:00-8:00	343
8:00-9:00	356
9:00-10:00	458
10:00-11:00	525
11:00-12:00	583
12:00-13:00	590
13:00-14:00	560
14:00-15:00	502
15:00-16:00	486
16:00-17:00	501
17:00-18:00	509
18:00-19:00	524
19:00-20:00	482

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.33. Horas pico – calle Junín



Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo oeste – este**

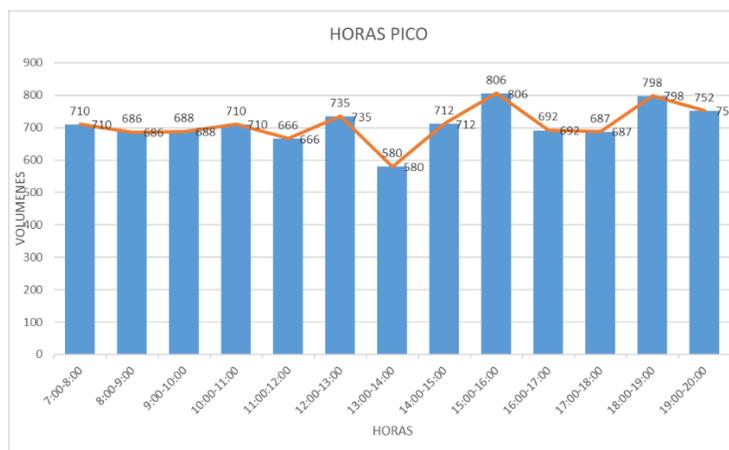
- **Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)**

Tabla 3.29. Valores de horas pico calle Narciso Campero

Hora	Volumen de vehículos (total)
7:00-8:00	710
8:00-9:00	686
9:00-10:00	688
10:00-11:00	710
11:00-12:00	666
12:00-13:00	735
13:00-14:00	580
14:00-15:00	712
15:00-16:00	806
16:00-17:00	692
17:00-18:00	687
18:00-19:00	798
19:00-20:00	752

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.34. Horas pico – calle Narciso Campero



Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo este – oeste**

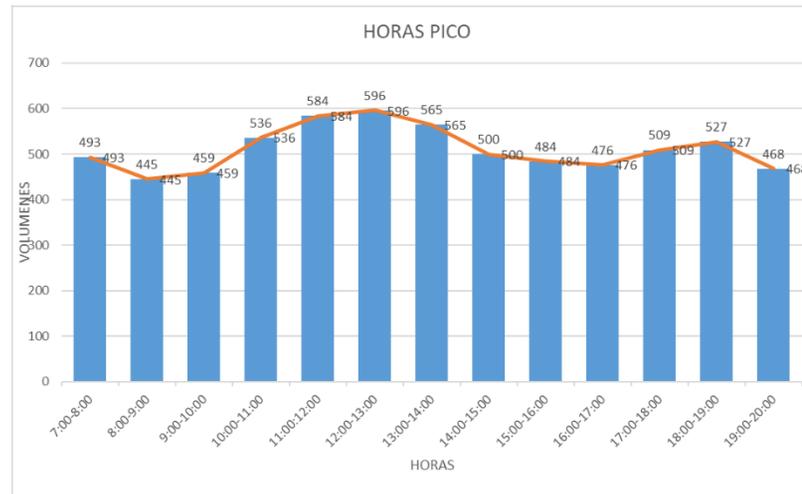
- **Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)**

Tabla 3.30. Valores de horas pico av. Alto de la Alianza

Hora	Volumen de vehículos (total)
7:00-8:00	493
8:00-9:00	445
9:00-10:00	459
10:00-11:00	536
11:00-12:00	584
12:00-13:00	596
13:00-14:00	565
14:00-15:00	500
15:00-16:00	484
16:00-17:00	476
17:00-18:00	509
18:00-19:00	527
19:00-20:00	468

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.35. Horas pico – av. Alto de Alianza



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Aforo de volumen vehicular

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

❖ **Volumen horario de máxima demanda (VHMD).**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

❖ **Volumen horario de proyecto (VHP).**

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.

❖ **Procedimiento de aforos de volúmenes**

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

- Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento)
- Estudios prioritarios de construcción
- Estudios prioritarios de señalización
- Estudios de accidentes en la zona

❖ **Método de aforo**

El método usado para nuestro estudio es el **método manual**.

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

Los tipos de datos pueden ser:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

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

Figura 3.36. aforo manual en la intersección av. La Paz – av. Belgrano.



Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Resumen de volumen vehicular

- ❖ Tramo norte – sur
 - Calle Cochabamba y sus intersecciones

Tabla 3.31. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle General Trigo)

Calle General Trigo	Acceso A- 1	Acceso A-2	Acceso A-3
Volumen	415,00	314,00	336,00
% frente	85,30	89,17	48,81
% giro derecha	14,70	-	22,02
% giro izquierda	-	10,83	29,17
% veh. pesados de frente	0,78	0,54	1,39
% veh. pesados gd	0,16	-	0,51
% veh. pesados gi	-	6,44	1,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Sucre)

Calle – Sucre	Acceso B- 1	Acceso B-2	Acceso B-3
Volumen	339,00	449,00	365,00
% frente	79,06	72,83	54,52
% giro derecha	-	27,17	23,56
% giro izquierda	20,94	-	21,92
% veh. pesados de frente	0,14	0,67	0,86
% veh. pesados gd	-	0,31	0,33
% veh. pesados gi	1,21	-	2,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.33. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Daniel Campos)

Calle - Daniel Campos	Acceso C- 1	Acceso C-2	Acceso C-3
Volumen	461,00	348,00	254,00
% frente	75,70	85,63	57,09
% giro derecha	24,30	-	20,87
% giro izquierda	-	14,37	22,05
% veh. pesados de frente	0,74	0,67	0,20
% veh. pesados gd	0,26	-	0,36
% veh. pesados gi	-	0,57	0,34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34. Resumen de volumen vehicular (calle Cochabamba – calle Colón)

Calle - Colón	Acceso D- 1	Acceso D-2	Acceso D-3
Volumen	342,00	339,00	354,60
% frente	69,59	77,88	66,12
% giro derecha	-	22,12	18,71
% giro izquierda	30,41	-	15,16
% veh. pesados de frente	0,72	0,76	0,23
% veh. pesados gd	-	0,38	0,94
% veh. pesados gi	0,09	-	1,51

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo norte – sur**
 - **Calle Belgrano y sus intersecciones**

Tabla 3.35. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – av. La Paz)

Avenida La Paz	Acceso A- 1	Acceso A-2	Acceso A-3	Acceso A-4
Volumen	891,00	690,00	515,00	526,00
% frente	53,65	-	50,49	57,22
% giro derecha	27,05	70,43	-	42,78
% giro izquierda	19,30	29,57	49,51	-
% veh. pesados de frente	0,48	-	-	-
% veh. pesados gd	-	-	-	-
% veh. pesados gi	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.36. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – calle Federico Ávila)

Calle Federico Ávila	Acceso B- 1	Acceso B-2	Acceso B-3
Volumen	633,00	523,00	152,00
% frente	78,36	80,88	38,16
% giro derecha	21,64	-	30,92
% giro izquierda	-	19,12	30,92
% veh. pesados de frente	0,56	0,14	-
% veh. pesados gd	0,56	-	1,01
% veh. pesados gi	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37. Resumen de volumen vehicular (calle Belgrano – calle España)

Calle España	Acceso C- 1	Acceso C-2	Acceso C-3	Acceso A-4
Volumen	920,00	809,00	675,00	768,00
% frente	55,22	48,83	39,11	28,91
% giro derecha	32,61	19,28	36,00	37,24
% giro izquierda	12,17	31,89	24,89	33,85
% veh. pesados de frente	-	-	-	-
% veh. pesados gd	-	-	-	-
% veh. pesados gi	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo sur - norte**

- **Avenida Circunvalación y sus intersecciones**

Tabla 3.38. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. Monseñor Font)

Avenida Monseñor Font	Acceso A- 1	Acceso A-2	Acceso A-3
Volumen	1458,00	1403,00	1354,00
% frente	56,93	60,37	19,94
% giro derecha	12,89	31,22	36,48
% giro izquierda	30,18	8,41	43,57
% veh. pesados de frente	13,12	12,92	1,38
% veh. pesados gd	33,33	6,00	7,77
% veh. pesados gi	6,10	3,63	6,70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – calle Gamoneda)

Calle Gamoneda	Acceso B- 1	Acceso B-2	Acceso B-3	Acceso B-4
Volumen	1372,00	1513,00	1342,00	1280,00
% frente	45,92	49,70	34,20	32,89
% giro derecha	27,92	25,05	32,71	33,83
% giro izquierda	26,17	25,25	33,08	33,28
% veh. pesados de frente	16,66	12,93	14,13	10,25
% veh. pesados gd	10,22	15,66	14,27	13,92
% veh. pesados gi	10,51	14,56	17,70	11,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.40. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. Gran Chaco)

Avenida Gran Chaco	Acceso C- 1	Acceso C-2	Acceso C-3	Acceso C-4
Volumen	1552,00	1507,00	1347,00	1361,00
% frente	46,78	49,10	36,01	32,84
% giro derecha	27,84	27,01	30,59	33,65
% giro izquierda	25,39	23,89	33,41	33,50
% veh. pesados de frente	14,68	28,13	18,60	14,94
% veh. pesados gd	14,37	17,55	18,10	16,86
% veh. pesados gi	11,87	10,21	16,42	16,04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.41. Resumen de volumen vehicular (av. Circunvalación – av. La Paz)

Avenida La Paz	Acceso D- 1	Acceso D-2	Acceso D-3	Acceso D-4
Volumen	1544,00	1438,00	1108,00	1190,00
% frente	47,34	46,80	36,19	36,55
% giro derecha	26,55	30,60	33,57	32,77
% giro izquierda	26,10	22,60	30,23	30,23
% veh. pesados de frente	15,67	17,72	7,34	3,42
% veh. pesados gd	8,13	5,54	5,61	6,06
% veh. pesados gi	8,11	7,47	5,23	7,31

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Junín y sus intersecciones**

Tabla 3.42. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Ingavi)

Calle – Ingavi	Acceso A- 1	Acceso A-2
Volumen	332,00	260,00
% frente	87,65	62,69
% giro derecha	12,35	-
% giro izquierda	-	37,31
% veh. pesados de frente	0,46	1,46
% veh. pesados gd	10,69	-
% veh. pesados gi	-	1,28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.43. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Bolívar)

Calle – Bolívar	Acceso B- 1	Acceso B-2
Volumen	449,00	808,00
% frente	71,71	63,74
% giro derecha	-	36,26
% giro izquierda	28,29	-
% veh. pesados de frente	0,41	-
% veh. pesados gd	-	-
% veh. pesados gi	0,30	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.44. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Domingo Paz)

Calle – Domingo Paz	Acceso C- 1	Acceso C-2
Volumen	483,00	834,00
% frente	74,33	54,68
% giro derecha	25,67	-
% giro izquierda	-	45,32
% veh. pesados de frente	0,34	0,06
% veh. pesados gd	0,46	-
% veh. pesados gi	-	0,23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45. Resumen de volumen vehicular (calle Junín – calle Potosí)

Calle - Potosí	Acceso D- 1	Acceso D-2	Acceso D-3
Volumen	831,00	505,88	520,00
% frente	35,98	50,15	56,15
% giro derecha	33,94	-	43,85
% giro izquierda	30,08	49,85	-
% veh. pesados de frente	0,10	0,44	-
% veh. pesados gd	-	-	-
% veh. pesados gi	0,34	-	-

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo oeste – este
 - Calle Narciso Campero y sus intersecciones

Tabla 3.46. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – Calle Bolívar)

Calle Bolívar	Acceso A- 1	Acceso A-2
Volumen	478,00	630,08
% frente	65,27	48,84
% giro derecha	-	51,16
% giro izquierda	34,73	-
% veh. pesados de frente	-	-
% veh. pesados gd	-	-
% veh. pesados gi	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.47. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Domingo Paz)

Calle Domingo Paz	Acceso B- 1	Acceso B-2	Acceso B-3
Volumen	459,00	508,00	392,00
% frente	67,32	58,46	52,30
% giro derecha	16,56	41,54	-
% giro izquierda	16,12	-	47,70
% veh. pesados de frente	-	-	-
% veh. pesados gd	-	-	-
% veh. pesados gi	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.48. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Corrado)

Calle Corrado	Acceso C- 1	Acceso C-2
Volumen	496,00	509,00
% frente	62,70	58,74
% giro derecha	-	41,26
% giro izquierda	37,30	-
% veh. pesados de frente	-	0,48
% veh. pesados gd	-	-
% veh. pesados gi	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.49. Resumen de volumen vehicular (calle Narciso Campero – calle Cochabamba)

Calle - Cochabamba	Acceso D- 1	Acceso D-2	Acceso B-3
Volumen	482,00	354,00	344,00
% frente	-	50,72	49,28
% giro derecha	16,39	-	-
% giro izquierda	83,61	-	-
% veh. pesados de frente		1,13	0,42
% veh. pesados gd	-	-	-
% veh. pesados gi	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo este - oeste**

- **Avenida Alto de la Alianza y sus intersecciones**

Tabla 3.50. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Saavedra)

Calle Saavedra	Acceso A- 1	Acceso A-2	Acceso A-3
Volumen	416,00	382,00	151,00
% frente	94,71	89,01	-
% giro derecha	-	10,99	54,97
% giro izquierda	5,29	-	45,03
% veh. pesados de frente	5,10	4,29	-
% veh. pesados gd	-	10,99	2,41
% veh. pesados gi	4,76	-	1,40

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.51. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Guerra Huayco)

Calle GuerraHuayco	Acceso B- 1	Acceso B-2	Acceso B-3
Volumen	415,00	359,00	103,00
% frente	98,31	98,33	-
% giro derecha	-	1,67	43,69
% giro izquierda	1,69	-	56,31
% veh. pesados de frente	4,81	1,70	-
% veh. pesados gd	-	-	8,25
% veh. pesados gi	12,24	-	2,46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.52. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Tarija)

Calle Tarija	Acceso C- 1	Acceso C-2	Acceso C-3
Volumen	450,00	362,00	95,00
% frente	97,33	98,62	-
% giro derecha	-	1,38	54,74
% giro izquierda	2,67	-	45,26
% veh. pesados de frente	4,72	1,68	-
% veh. pesados gd	-	1,38	7,14
% veh. pesados gi	16,67	-	3,32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.53. Resumen de volumen vehicular (av. Alto de la Alianza – calle Ibibobo)

Calle Ibibobo	Acceso D- 1	Acceso D-2	Acceso D-3
Volumen	351,00	340,00	26,00
% frente	97,44	98,24	-
% giro derecha	-	1,76	76,92
% giro izquierda	2,56	-	23,08
% veh. pesados de frente	1,50	1,45	-
% veh. pesados gd	-	-	6,19
% veh. pesados gi	9,52	-	15,87

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Aforo de tiempos de circulación instantáneos en intersecciones

3.2.4.1. Determinación de velocidad de punto

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

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una vía, sirven para determinar las características de la velocidad en dicho tramo bajo las condiciones atmosféricas y de tráfico al momento de realizar dicho estudio. Las velocidades agrupadas en un tiempo y espacio dados, presentan un coeficiente de dispersión alto, por lo que pueden representarse mediante una distribución normal de velocidades que es lo que mejor se acomoda al tipo de datos. Los estudios de velocidad de punto se aplican para:

- ❖ Determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en un tramo especificado
- ❖ Determinar la relación entre accidentes y velocidad que pueda ayudar a tomar medidas de corrección para evitar accidentes
- ❖ Establecer límites de velocidad máxima y mínima
- ❖ Determinar longitudes en zonas de rebase prohibido
- ❖ Localizar y definir los tiempos de semaforización
- ❖ Evaluar los resultados de algún cambio efectuado en las condiciones y controles de tránsito existentes
- ❖ Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.
- ❖ Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

Dada la incertidumbre que se tiene para caracterizar la población total de velocidades a partir de variables basadas en una muestra, y debido a que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad sino más bien se acomodan a una distribución de velocidades dentro de un intervalo de comparación, se debe utilizar la estadística descriptiva y la inferencia estadística en el análisis de los datos de velocidad de punto.

Para proceder con el aforo de velocidades, se utilizó el método de cálculo, **velocidad de recorrido** o también llamada velocidad global, el cual es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde un punto previamente dado, entre el tiempo que se emplea en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operaciones por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tráfico y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor.

Para realizar dicho aforo, se midió al centro de cada calle de estudio de las intersecciones, una distancia de 50 m, y se utilizó aforos manuales con el método del cronometro para determinar el tiempo que tardaba un vehículo en recorrer del punto de inicio al punto final trazado.

Se procedió a hacer este cálculo de velocidades en las horas pico de tráfico dictadas por las intersecciones de estudio, para así conocer las velocidades críticas con las que cuentan las calles.

Las velocidades calculadas utilizando este método serán de utilidad para los datos estadísticos, donde obtendremos medias, modas, máximos y mínimos, los que utilizaremos para la determinación de los tiempos de los ciclos y fases de cada intersección.

Figura 3.37. Medición del tramo de 50 mt para determinar la velocidad de punto



Fuente: Elaboración propia

3.2.4.2 Resumen de velocidades de punto

- ❖ Tramo norte – sur
 - Calle Cochabamba y sus intersecciones

Tabla 3.54. Resumen de velocidades de punto

Calle: Cochabamba													
Entre: General Trigo y Colon													
velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
08:00 - 09:00	7,40	6,46	7,06	4,92	6,68	6,68	5,06	5,90	5,97	9,09	6,52	23,48	24
12:00 - 13:00	7,51	5,95	4,79	5,25	7,08	12,44	6,83	5,84	6,22	7,88	6,98	25,13	25
17:00 - 18:00	6,67	6,31	7,79	4,88	6,21	7,65	5,79	7,99	6,58	6,81	6,67	24,00	24
Velocidad promedio (km/hr)													24

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo norte – sur**

- **Calle Belgrano y sus intersecciones**

Tabla 3.55. Resumen de velocidades de punto

Calle: Belgrano													
Entre: La Paz y España													
Velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
07:00 - 08:00	7,37	7,51	5,77	6,31	5,66	6,25	6,72	6,80	6,46	6,79	6,47	23,29	17
12:00 - 13:00	8,01	9,16	6,79	5,1	10,82	5,67	8,55	5,58	7,74	6,44	6,68	24,07	21
18:00 - 19:00	6,25	7,99	9,21	7,43	8,96	3,28	6,26	7,03	6,07	5,92	7,49	26,98	18
Velocidad promedio (km/hr)													19

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo sur - norte**

- **Calle Circunvalación y sus intersecciones**

Tabla 3.56. Resumen de velocidades de punto

Avenida: Circunvalación													
Entre: La Paz y Monseñor Font													
Velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
07:00 - 08:00	7,37	7,51	5,77	6,31	5,66	6,25	6,72	6,80	6,46	6,79	6,47	23,29	23
12:00 - 13:00	8,01	9,16	6,79	5,1	10,82	5,67	8,55	5,58	7,74	6,44	6,68	24,07	24
18:00 - 19:00	6,25	7,99	9,21	7,43	8,96	3,28	6,26	7,03	6,07	5,92	7,49	26,98	26
Velocidad promedio (km/hr)													24

Fuente: Elaboración propia

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Junín y sus intersecciones**

Tabla 3.57. Resumen de velocidades de punto

Calle: Junín													
Entre: Ingavi y Potosí													
Velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
08:00 - 09:00	7,55	2,79	4,83	3,25	2,08	5,86	3,46	3,27	6,98	6,46	4,65	16,76	17
12:00 - 13:00	7,62	4,28	2,97	6,64	7,48	2,05	4,72	4,36	10,61	5,09	5,59	20,13	20
18:00 - 19:00	3,92	7,12	4,47	6,17	5,53	3,05	3,88	6,42	5,68	3,21	4,94	17,81	18
Velocidad promedio (km/hr)													18

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo oeste – este**
 - **Calle Narciso Campero y sus intersecciones**

Tabla 3.58. Resumen de velocidades de punto

Calle: Narciso Campero													
Entre: Bolívar y Cochabamba													
Velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
07:00 - 08:00	7,20	4,19	3,13	5,12	3,97	4,19	3,64	3,50	4,19	3,90	4,30	15,49	15
12:00 - 13:00	5,59	3,82	5,10	4,41	4,27	4,50	4,72	2,98	4,30	3,48	4,32	15,54	16
18:00 - 19:00	4,27	4,52	5,04	4,29	3,68	4,14	3,35	3,51	5,89	3,65	4,23	15,24	15
Velocidad promedio (km/hr)													15

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo este - oeste**
 - **Avenida Alto de la Alianza y sus intersecciones**

Tabla 3.59. Resumen de velocidades de punto

Avenida: Alto de la Alianza													
Entre: Saavedra e Ibibobo													
Velocidades													
Hora pico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m/s	km/ h	Total
07:00 - 08:00	6,77	8,17	6,70	4,48	5,12	3,70	4,05	6,54	5,50	7,83	6,12	22,03	22
12:00 - 13:00	5,95	8,06	5,93	6,32	7,20	5,45	5,47	7,69	6,32	7,31	6,63	23,87	24
18:00 - 19:00	5,88	7,83	4,85	5,78	9,57	7,41	6,31	6,70	9,12	5,61	6,92	24,93	25
Velocidad promedio (km/hr)													25

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados mostrados en las tablas resumen, se puede observar que las velocidades de circulación se encuentran por debajo de la velocidad establecida de 30 km/h – 50 km/h en zonas urbanas, resaltando una vez más que estas zonas están sujetas a congestión vehicular.

3.2.5. Capacidad y nivel de servicio

3.2.5.1. Ejemplo de cálculo método simplificado (método ábacos)

Determinación de la capacidad. - Para determinar la capacidad de vías interrumpidas la ecuación que nos permite es:

$$C_{Real} = C_{Prac} * Factores\ de\ reducción$$

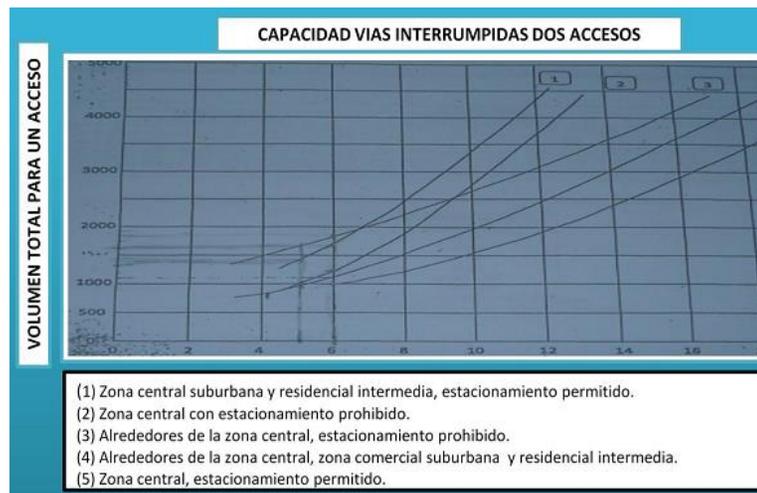
$$C_{Prac} = C_{Ideal} * 0.9$$

La capacidad ideal es aquella capacidad básica que pueda tener una vía urbana que depende básicamente del ancho del acceso, de la presencia de estacionamiento lateral y la posición de la vía respecto al entorno urbano, es decir si están en la zona central, zona intermedia, o zona extrema de la ciudad.

Por medio de la HCM se utiliza gráficos para determinar la capacidad ideal, en el cual se utiliza como dato para su utilización el ancho del acceso para las vías interrumpidas, tanto para un acceso y para dos accesos, es decir de un sentido de circulación y de doble sentido de circulación.

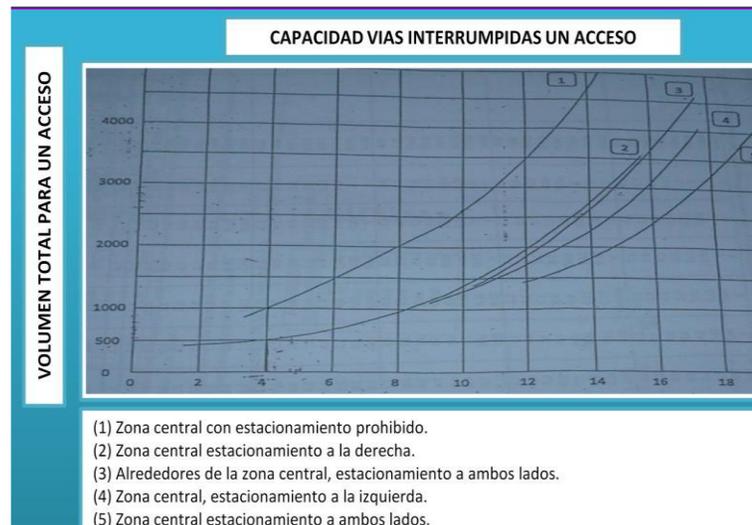
Estos gráficos son utilizados para determinar la capacidad en calles.

Figura 3.38. Capacidad ideal para accesos de dos sentidos



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Figura 3.39. Capacidad ideal para accesos de un solo sentido



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Partiendo de los resultados obtenidos de los totales de cada intersección, hacemos el cálculo del nivel de servicio de cada una de las intersecciones sin la presencia de algún dispositivo de ayuda a la circulación del tráfico (semáforo), para ello nos apoyamos en los ábacos: Figura 3.38. Capacidad Ideal Para Accesos de Dos Sentido y Figura 3.39. Capacidad Ideal Para Accesos de Un Sentido, que se encuentran en la página anterior de este documento, tomando en cuenta las siguientes condiciones:

- ❖ Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco.
- ❖ Sustraer un 1% por cada 1% que los ómnibuses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
- ❖ Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- ❖ Sustraer un 1% por cada 1% en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
- ❖ Por paradas de ómnibuses antes de la intersección restar el 10% por parada de ómnibuses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias

- ❖ Por estacionamientos permitidos restar 1.80 mts del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.

Las fórmulas empleadas para el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio son las siguientes.

- ❖ Capacidad teórica = obtenida del ábaco

- ❖ Capacidad práctica

$$C_{pract} = C_{teorica} * 0.9$$

- ❖ Capacidad real

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

- ❖ Factor de parada

$$f_p = 0,95 \text{ zona central}$$

$$f_p = 0,90 \text{ zona intermedia}$$

- ❖ Factor de vehículos pesados

$$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$$

- ❖ Factor de giro a la izquierda

$$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$$

- ❖ Factor de giro a la derecha

$$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$$

- ❖ Los factores debido a las paradas antes y después de una intersección se toman igual a 0.9 y 0.95 respectivamente, según la bibliografía consultada.

- ❖ Nivel de servicio

$$NS = \frac{V}{C_{Real}}$$

Dónde:

V= Volumen total del acceso

Para el nivel de servicio se usó la siguiente tabla:

Tabla 3.60. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos

Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	0,0
B	Flujo estable	$\leq 0,10$
C	Flujo estable	$\leq 0,30$
D	Próximo a flujo inestable	$\leq 0,70$
E	Flujo inestable	$\leq 1,0$
F	Flujo forzado	-b

Fuente: Manual de capacidad para vías interrumpidas

❖ **Tramo norte – sur**

• **Calle Cochabamba y sus intersecciones**

Ejemplo de cálculo en una intersección:

Datos:

Vol. Acceso= 415,00 veh/h

%FRENTE= 85,30%

%GI= 0,00%

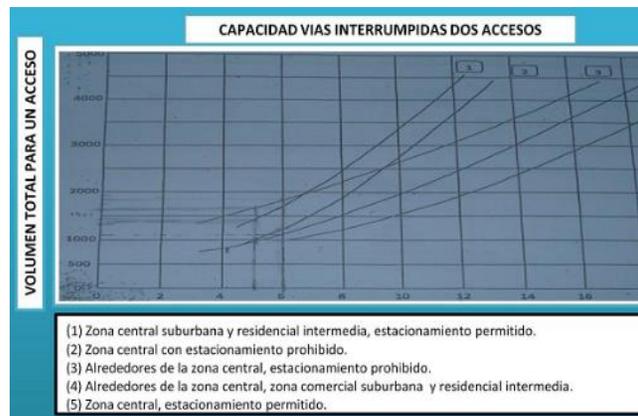
% GD= 14,70%

% Vp= 0,78%

Ancho Carril= 3,45m

Cálculos:

Figura 3.40. Capacidad ideal para accesos de dos sentidos



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

Capacidad práctica Con los valores del ancho de carril y tomando las características del acceso en estudio se obtiene la capacidad teórica.

En este caso tenemos que el acceso se encuentra en zona central con estacionamiento prohibido (curva 2).

Capacidad teórica= 767 veh/h

$$C_{pract} = C_{teorica} * 0.9$$

$$C_{pract} = 767 \text{ veh/h} * 0.9 = 690 \text{ veh/h}$$

Tomando en cuenta las condiciones para el cálculo de los factores tenemos los siguientes:

Factor de parada:

$$f_p = 0.95 \text{ zona central}$$

Factor de vehículos pesados:

$$f_{vp} = 1$$

Factor de giro a la izquierda:

$$f_{GI} = 1$$

Factor de giro a la derecha:

$$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$$

$$f_{GD} = 1 - \frac{(14,70 - 10)}{100} * 0.5$$

$$f_{GD} = 0,977$$

Entonces la capacidad real será:

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

$$C_{real} = 690 * 0.95 * 1 * 1 * 0.977$$

$$C_{real} = 640 \text{ veh/h}$$

Cálculo del nivel de servicio

❖ Nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen total del acceso}}{C_{Real}}$$

$$NS = \frac{415 \text{ veh/h}}{640 \text{ veh/h}}$$

$$NS = 0,648$$

Ingresamos a tabla con el valor obtenido:

Tabla 3.61. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos

Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	0.0
B	Flujo estable	≤ 0,10
C	Flujo estable	≤ 0,30
D	Próximo a flujo inestable	≤ 0,70
E	Flujo inestable	≤ 1,0
F	Flujo forzado	'-b'

Fuente: Manual de capacidad para vías interrumpidas

El nivel de servicio de la intersección será D, próximo a flujo inestable.

3.2.5.2. Resumen de capacidades y niveles de servicio de los diferentes tramos

❖ Tramo norte – sur

- Calle Cochabamba y sus intersecciones

Tabla 3.62. Resumen de Niveles de Servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Cochabamba- General Trigo	A-1	415,00	640,00	0,65	D	382,00	D
	A-2	314,00	650,00	0,48	D		
	A-3	336,00	382,00	0,88	E		
Cochabamba- Sucre	B-1	339,00	619,00	0,55	D	415,00	E
	B-2	449,00	542,00	0,83	E		
	B-3	365,00	415,00	0,88	E		
Cochabamba- Daniel Campos	C-1	461,00	619,00	0,74	E	473,00	D
	C-2	348,00	626,00	0,56	D		
	C-3	254,00	473,00	0,54	D		
Cochabamba- Colon	D-1	342,00	588,00	0,58	D	452,00	D
	D-2	339,00	576,00	0,59	D		
	D-3	354,00	452,00	0,78	E		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = D

❖ Tramo norte – sur

- Calle Belgrano y sus intersecciones

Tabla 3.63. Resumen de niveles de servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Belgrano – av. La Paz	A-1	891,00	819,00	1,09	F	572,00	F
	A-2	690,00	572,00	1,21	F		
	A-3	515,00	703,00	0,73	F		
	A-4	526,00	703,00	0,75	F		
Belgrano - Federico Ávila	B-1	633,00	930,00	0,68	D	228,00	D
	B-2	523,00	926,00	0,56	D		
	B-3	152,00	228,00	0,67	D		
Belgrano - España	C-1	920,00	857,00	1,07	F	522,00	F
	C-2	809,00	759,00	1,07	F		
	C-3	675,00	588,00	1,15	F		
	C-4	768,00	522,00	1,47	F		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = F

❖ **Tramo sur – norte**

- **Calle Circunvalación y sus intersecciones**

Tabla 3.64. Resumen de niveles de servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Av. Circunvalación - Av. Monseñor Font	A-1	1458,00	436,00	3,34	F	436,00	F
	A-2	1403,00	440,00	3,19	F		
	A-3	1354,00	1465,00	0,92	E		
Av. Circunvalación – Gamoneda	B-1	1372,00	832,00	1,65	F	464,00	F
	B-2	1513,00	875,00	1,73	F		
	B-3	1342,00	550,00	2,44	F		
	B-4	1280,00	464,00	2,76	F		
Av. Circunvalación - Gran Chaco	C-1	1552,00	860,00	1,80	F	748,00	F
	C-2	1507,00	748,00	2,01	F		
	C-3	1347,00	1196,00	1,13	F		
	C-4	1361,00	825,00	1,65	F		
Av. Circunvalación - Av. La Paz	D-1	1544,00	831,00	1,86	F	457,00	F
	D-2	1438,00	826,00	1,74	F		
	D-3	1108,00	457,00	2,42	F		
	D-4	1190,00	457,00	2,60	F		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = F

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Junín y sus intersecciones**

Tabla 3.65. Resumen de niveles de servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Junín - Ingavi	A-1	332,00	527,00	0,63	D	270,00	E
	A-2	260,00	270,00	0,96	E		
Junín - Simón Bolívar	B-1	449,00	316,00	1,42	F	316,00	F
	B-2	808,00	439,00	1,84	F		
Junín - Domingo Paz	C-1	483,00	491,00	0,98	E	470,00	F
	C-2	834,00	470,00	1,77	F		
Junín - Potosí	D-1	831,00	272,00	3,06	F	272,00	F
	D-2	505,88	491,00	1,03	F		
	D-3	520,00	678,00	0,77	F		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = F

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Narciso Campero y sus intersecciones**

Tabla 3.66. Resumen de niveles de servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Campero - Bolívar	A-1	478,00	379	1,26	F	331	F
	A-2	630,08	331	1,90	F		
Campero - Domingo Paz	B-1	459,00	433	1,06	F	291	F
	B-2	508,00	291	1,74	F		
	B-3	392,00	533	0,73	E		
Campero - Corrado	C-1	496,00	347	1,42	F	205	F
	C-2	509,00	205	2,48	F		
Campero - Cochabamba	D-1	482,00	122	3,95	F	122	D
	D-2	354,00	655	0,54	D		
	D-3	344,00	655	0,52	D		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = F

❖ **Tramo este - oeste**

- **Avenida Alto de la Alianza y sus intersecciones**

Tabla 3.67. Resumen de niveles de servicio

Intersección	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	V/C	Nivel de servicio	Capacidad de intersección (veh/h)	Nivel de servicio de intersección
Av. Alto de la Alianza - Saavedra	A-1	416,00	575,00	0,72	E	284,00	F
	A-2	382,00	284,00	1,35	F		
	A-3	151,00	321,00	0,47	D		
Av. Alto de la Alianza - Guerra Huayco	B-1	415,00	575,00	0,72	E	191,00	D
	B-2	359,00	575,00	0,62	D		
	B-3	103,00	191,00	0,54	D		
Av. Alto de la Alianza - Tarija	C-1	450,00	575,00	0,78	E	222,00	D
	C-2	362,00	575,00	0,63	D		
	C-3	95,00	222,00	0,43	D		
Av. Alto de la Alianza - Ibibobo	D-1	351,00	575,00	0,61	D	256,00	D
	D-2	340,00	575,00	0,59	D		
	D-3	26,00	256,00	0,10	D		

Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO = D

Los niveles de servicio que se presentan en las intersecciones, son críticos, no se encuentran brindando flujo libre vehicular, la relación volumen/capacidad nos indica que; la capacidad real de la vía no es lo suficiente para el volumen de circulación actual, lo que hace que sea riesgosa como lo demuestra el nivel de riesgo de los puntos de estudio, estos niveles de servicio fueron calculados en base a aforos, es decir volúmenes vehiculares reales en horas pico, maniobras que los vehículos realizan al ingresar a la intersección y datos geométricos de los puntos de estudio.

Los niveles de servicio de las intersecciones representan una circulación de densidad elevada. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.

3.2.6. Señalización

3.2.6.1 Señales horizontales

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

La demarcación desempeña funciones definidas e importantes en un adecuado esquema de regulación del tránsito. En algunos casos, son usadas para complementar las órdenes o advertencias de otros dispositivos, tales como las señales verticales y semáforos; en otros, transmiten instrucciones que no pueden ser presentadas mediante el uso de ningún otro dispositivo, siendo un modo muy efectivo de hacerlas entendibles. Para que la señalización horizontal cumpla la función para la cual se usa, se requiere que se tenga una uniformidad respecto a las dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado. Las marcas viales o demarcaciones deben ser reflectivas excepto paso peatonal tipo cebra, o estar debidamente iluminadas.

Para el estudio de estas señales se procedió a hacer una visita a las zonas de estudio para así poder observar la necesidad de aplicación de las mismas.

- ❖ Tramo norte – sur
 - Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)

Figura 3.41. Señalización horizontal en la calle Cochabamba y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo norte – sur
 - Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)

Figura 3.42. Señalización horizontal en la calle Belgrano y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

❖ Tramo sur – norte

- Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)

Figura 3.43. Señalización horizontal en la av. Circunvalación y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

❖ Tramo oeste – este

- Calle Junín (calle Ingavi – calle Potosí)

Figura 3.44. Señalización horizontal en la calle Junín y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo oeste – este
 - Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)

Figura 3.45. Señalización horizontal en la calle Narciso Campero y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo este – oeste
 - Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)

Figura 3.46. Señalización horizontal en la av. Alto de la Alianza y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

3.2.6.2. Señales verticales

Los medios más importantes de señalización son las verticales, consistentes en unos paneles colocados sobre soportes situados generalmente a ambos lados de la calzada en los que figura la información a transmitir, son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

Para el estudio de estos parámetros tomaremos en cuenta las siguientes señales:

Señales preventivas

Señales reglamentarias

Señales informativas

- ❖ **Tramo norte – sur**
 - **Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle colon)**

Figura 3.47. Señalización vertical en la calle Cochabamba y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo norte – sur**
 - **Av. Belgrano (av. la paz – calle España)**

Figura 3.48. Señalización vertical preventiva en la calle Belgrano y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo sur – norte**
 - **Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)**

Figura 3.49. Señalización vertical reglamentaria en la av. Circunvalación y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.50. Señalización vertical informativa en la av. Circunvalación y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo oeste – este**
 - **Calle Junín (calle Ingavi – calle Potosí)**

Figura 3.51. Señalización vertical en la Calle Junín y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo oeste – este**
 - **Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)**

Figura 3.52. Señalización vertical en la calle Narciso Campero y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Tramo este – oeste**
 - **Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)**

Figura 3.53. Señalización vertical en la av. Alto de la Alianza y sus intersecciones



Fuente: Elaboración propia

3.2.7. SemafORIZACIÓN

Entendemos por semafORIZACIÓN aquel factor de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es mejorar la circulación y además la misma en las intersecciones a través de dispositivos especialmente creados con este fin denominado semáforo.

Los semáforos son dispositivos de circulación del tráfico que han sido diseñados de tal forma que puedan ser accionados ya sea en forma manual o en forma automática instalados normalmente en las intersecciones.

❖ **Condiciones de un semáforo de tiempo predeterminado**

Un semáforo de tiempo predeterminado es el que se va a establecer como base de inauguración del ciclo predeterminado que varía entre 35 seg. y 120 seg., entendiéndose por ciclo el paso de la fase roja a la amarilla, de la fase amarilla a la fase verde de la verde a la amarilla y de la fase amarilla a la fase roja, ese ciclo tiene una duración predeterminada cuyo valor deberá ser proyectado en función a las características físicas de la intersección las características del trazo urbano, es decir separación entre intersecciones y racionamiento cuadrangular además de las condiciones volumétricas del tráfico en los accesos, en lo posible la duración de un ciclo debe permitir la mejor fluidez del tráfico en la intersección y evitar la pérdida de tiempo por demoras. por su puesto que eso es difícil de determinar cuando los flujos son variables en cada intersección el trazo urbano no es regular y las dimensiones físicas de la intersección son variables. para este tipo de semáforos de tiempo predeterminado se consideran como ventajas las siguientes.

- Facilitan la programación de un sistema coordinado de semáforo
- el funcionamiento de los semáforos no se ve afectado por anomalías en la detención como puede ser un vehículo detenido sobre la intersección.
- Proporcionan una gran eficiencia en áreas de gran movimiento peatonal
- Su instalación y mantenimiento son más económicos que los activados por el tránsito.
- Se adopten en aquellas intersecciones en la que el tráfico es relativamente estable donde las variaciones que se registran son mínimos.

❖ **Análisis operacional de un semáforo predeterminado**

Los parámetros más importantes que se toman en cuenta para la instalación de un semáforo de tiempo predeterminado son:

- El número de vehículos que entran en la intersección por hora desde cada vía de acceso debiendo obtenerse este valor de los estadísticos de volúmenes de las 16 horas de mayor tránsito en el día.
- Volúmenes de vehículos por cada movimiento de tráfico clasificado de acuerdo al tipo de vehículo, pesados, livianos, de transporte público y automóviles particulares durante periodos de 15 minutos de 2 horas en la mañana y 2 horas en la tarde donde el tráfico es mayor.
- percentil 85 de la velocidad media vehicular
- Relevamiento plani altimétrico de las características físicas de la intersección
- Diagrama de accidentes detallando tipo, ubicación y dirección del movimiento de por lo menos un periodo anual.

❖ **Condiciones de instalación**

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

- **1era condición volumen mínimo**

Es deseable la instalación de semáforos cuando se excede durante un periodo de 8 horas los volúmenes de un día promedio dado por la siguiente . tabla:

Tabla 3.68. Volúmenes mínimos para instalación de semáforo

No carriles en cada acceso		Volumen horario	
Calle principal	Calle secundaria	Calle principal	Calle secundaria
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 o mas	500	200

Fuente: guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10000 la condición de volumen mínimo, para los volúmenes de la calle principal son elevado, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

- **2da condición de demoras en el tráfico**

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

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

Tabla 3.69. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria

No carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle Principal	Calle Secundaria	Calle Principal	Calle Secundaria
1	1	750	75
2 o mas	1	900	75
2 o mas	2 o mas	900	100
1	2 o mas	750	100

Fuente: guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

- **3era condición volumen mínimo de peatones**

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

Tabla 3.70. Volumen mínimo de vehículos y peatones

Tipo de intersecciones	Veh/hora		Total, peatones/ hora	Periodo de mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con cantero central		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área escolar	800		2500	2

Fuente: guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

En ciudades donde la población es menor a 10000 se recomienda tomar el 70% de los valores de la tabla.

- **4ta condición del sistema coordinado de semáforos**

La condición de movimiento coordinado exige que:

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

- **5ta condición de prevención de accidentes**

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

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados
- Que no existan ninguna medida preventiva adecuada
- Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

- **6ta condición combinación de condiciones**

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

Es conveniente que una instalación semaforizada cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados.

- ❖ **Asignación de tiempos**

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más

el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

La elección del tiempo que dure el ciclo es un aproximado, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, de acuerdo a estudios que se han realizado en varios sistemas de semaforización se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 seg.

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

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

❖ **Asignación de tiempos en fase amarilla**

La fase amarilla tiene como objetivo avisar al conductor que va a aparecer la fase roja a la fase verde y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección.

Para asignar un tiempo a esta fase por lo tanto debemos tomar en cuenta la distancia de visibilidad de frenado. La velocidad de circulación media y el ancho de la intersección, teniéndose como relación que involucra estas acciones las siguiente

$$T_a = \frac{D}{V} + \frac{a}{V}$$

Dónde:

D= Distancia de visibilidad de frenado y la determinación con la relación

$$D = \frac{V * t}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

V = Velocidad circulación media

T = Tiempo de reacción y percepción que para tramos urbanos varía entre 2 – 2,5 seg.

F= Coef. de fricción de neumático calzada normalmente se toma un valor medio de 0,40

I = Pendiente longitudinal de la intersección en el sentido del acceso

V = Velocidad de circulación media

A = Ancho de la intersección

En el siguiente. cuadro tenemos los tiempos de fase amarilla para las distintas velocidades de circulación.

Tabla 3.71. Valores de fase amarilla

Velocidad de diseño	Tiempo de fase amarilla	
	Ancho de intersección	
	15,00	20,00
30	3,40	4,00
40	3,30	3,80
50	3,50	3,90
60	3,80	4,10

Fuente: guía de ingeniería de tráfico (Ing. Jhonny Orgaz)

❖ **Asignación de tiempos de fase roja y verde**

Adoptado el valor del ciclo y determinado el tiempo de fase amarilla se procede a determinar los tiempos de fase roja y fase verde y en realidad son tiempos cuyo objetivo es el proporcionar un tiempo razonable para que un conjunto de vehículos pueda cruzar la intersección de tal manera que se procure tener un flujo continuo. Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección, si los volúmenes los consideramos como valores totales la relación de equilibrio será:

$$\frac{VA}{tVA} + \frac{VB}{tVB}$$

Dónde:

VA= Volumen acceso A

VB = Volumen acceso B

tVA = Tiempo de verde en acceso A

tVB = Tiempo de verde en acceso B

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que los valores del ciclo estarán dados por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de tiempo de fase verde y fase roja al valor de C

$$C = ciclo - ta - ta *$$
$$ciclo = tva + tvb + ta + ta$$

Dónde:

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

ta = Tiempo de fase amarilla

ta· = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

Si en la ecuación de equilibrio coloco todo en función de una sola variable tendré que la relación es la siguiente :

tVB= incógnita

$$\frac{VA * ta}{C - tVA} = \frac{VB * ta *}{tVB}$$

Esta ecuación de equilibrio que nos permite asegurar los tiempos de fase roja y fase verde varia si los tiempos de fase amarilla son diferentes teniéndose la siguiente relación.

$$\frac{VA * ta}{tVA} = \frac{VB * ta *}{tVB}$$

Y varia también si en el momento de definir el momento que tienen los vehículos de transporte público y pesados a una relación:

$$VA = V particular + \frac{\% V pesado + publico * Vpesado + publico}{100}$$

$$VB = V particular + \frac{\% V pesado + publico * Vpesado + publico}{100}$$

❖ **Coordinación de semáforos**

Se entiende por coordinación de semáforos a la forma metodológica de hacer que funcione un conjunto de semáforos aislados para lograr una mayor fluidez en la circulación, cuanto mejor estén asignados los tiempos de las diferentes fases y mejor este la coordinación mayores posibilidades se tendrán de conseguir que la evaluación sea fluida y con menores tiempos de demora.

Existen diferentes tipos de coordinación de semáforos entre ellos los más importantes son los siguientes:

- **Coordinación continua simultánea**

Este tipo de coordinación es aquel que aproximadamente nos den la misma indicación al mismo tiempo en todos los semáforos es decir que todos los semáforos de una red indiquen al mismo tiempo fase verde, amarilla, rojo.

La ventaja o desventaja de este tipo de coordinación está en función de los volúmenes de demanda que se tiene en cada una de las intersecciones generalmente este tipo de coordinación se utiliza en base de 1 o 2 intersecciones más importantes teniéndose al resto a acomodarse a las condiciones que marque el ciclo y la fase.

Una distancia entre semáforo que sea acorde a este tipo de coordinación está dada por la relación.

$$d = 3,6 * C * V$$

Dónde:

D = Distancia entre semáforos

C = Tiempo de ciclo (seg)

V = Velocidad Media de circulación

En la mayoría de las ciudades las primeras redes de semáforos son de este tipo de coordinación que funcionan bien para algunas intersecciones y con muchas demoras para obras.

- **Coordinación alterna**

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre una misma línea con mediciones de tipo alterno es decir que las indicaciones de fase verde

pueden ir en forma alternada cada una dos o tres intersecciones y lo mismo ocurriría con las fases rojas de tal manera que permite un conjunto de vehículos pueda funcionar con fluidez un determinado espacio para este tipo se recomienda que la separación de semáforos responda a la relación:

$$d = 1,8 * C * V$$

Dónde:

D = Separación de semáforos

C = Tiempo del ciclo (seg.)

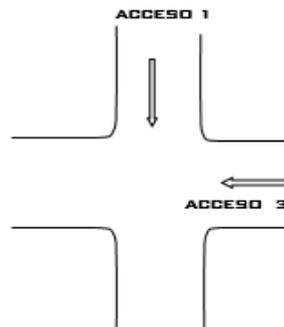
V = Velocidad media de circulación (km./h)

Esta modalidad de coordinación alterna es útil y recomendable para trazos urbanos donde se tenga definido flujos direccionales principales y flujos direccionales secundarios.

3.2.7.1 SemafORIZACIÓN actual

- ❖ **Tramo norte – sur**
- **Calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)**
- **Intersección 1. calle General Trigo y Cochabamba**

Figura 3.54. intersección ejemplo 1



Fuente: Elaboracion propia

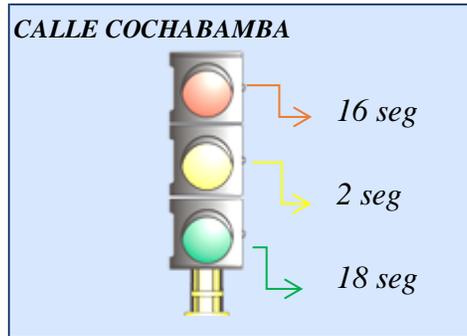
Volumen c/principal = 415 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 336 veh/hr

Tiempo de ciclo

Tc= 36 seg

Figura 3.55. Semaforización calle principal 1



Fuente: Elaboración propia

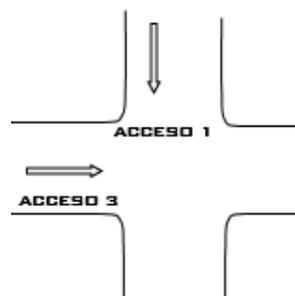
Figura 3.56. Semaforización Secundaria 1



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 2. calle Sucre y Cochabamba**

Figura 3.57. intersección ejemplo 2



Fuente: Elaboración propia

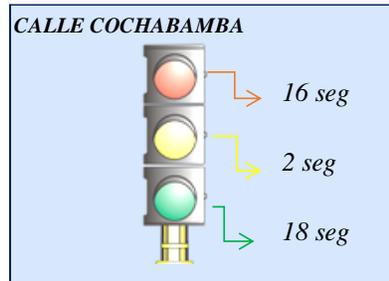
Volumen c/principal = 449 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 365 veh/hr

Tiempo de ciclo

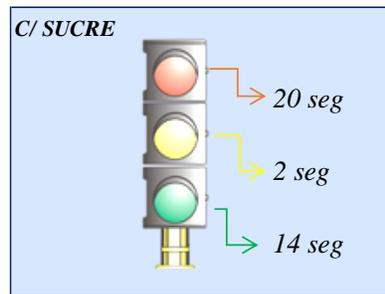
$T_c = 36 \text{ seg}$

Figura 3.58. Semaforización calle principal 2



Fuente: Elaboración propia

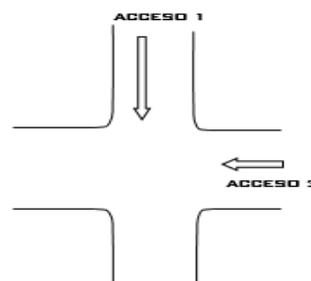
Figura 3.59. Semaforización calle secundaria 2



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 3. calle Daniel Campos y Cochabamba**

Figura 3.60. intersección ejemplo 3



Fuente: Elaboración propia

Volumen c/principal = 461 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 254 veh/hr

Se asume:

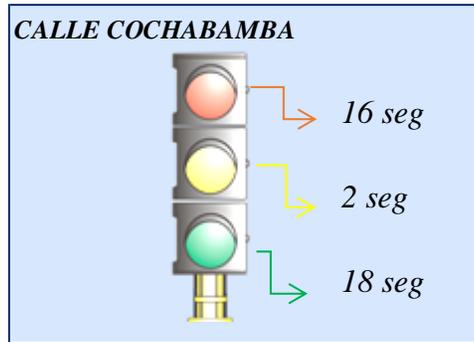
Tap= 5 seg

Tas= 2 seg

Tiempo de ciclo

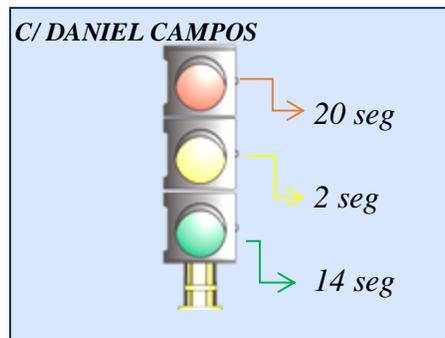
Tc= 36 seg

Figura 3.61. Semaforización calle principal 3



Fuente: Elaboración propia

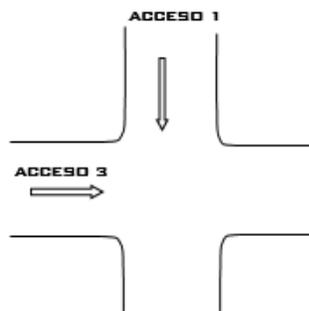
Figura 3.62. Semaforización calle secundaria 3



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 4 calle Colón y Cochabamba**

Figura 3.63. intersección ejemplo 4



Fuente: Elaboración propia

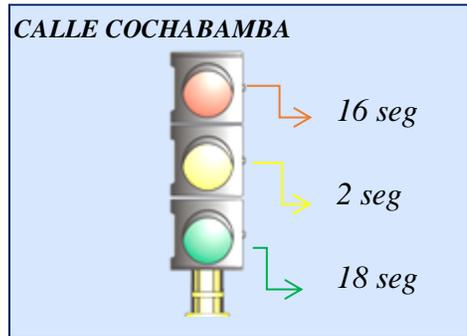
Volumen c/principal = 342 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 354 veh/hr

Tiempo de ciclo

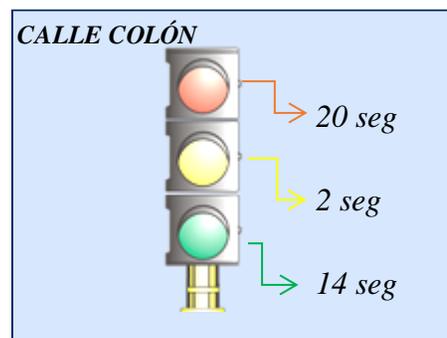
$T_c = 36 \text{ seg}$

Figura 3.64. Semaforización calle principal 4



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.65. Semaforización calle secundaria 4

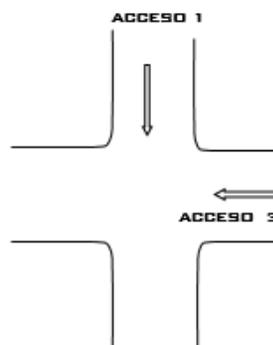


Fuente: Elaboración propia

3.2.7.2. Semaforización propuesta

- Intersección 1. calle General Trigo y Cochabamba

Figura 3.66. intersección ejemplo 1



Fuente: Elaboración propia

Volumen c/principal = 415 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 336 veh/hr

Se asume:

T AP= 4 seg

T AS= 2 seg

Tiempo de ciclo asumido

Tc= 40 seg

$$Tc = T_{VP} + T_{VS} + T_{AP} + T_{AS} \text{ ***** EC(1)}$$

$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = \frac{VP * T_{AP}}{VS * T_{AS}} \text{ ***** EC (2)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones

DE EC (1) $40seg = T_{VP} + T_{VS} + 6 seg$

$$T_{VP} = 34 seg - T_{VS} \text{ ***** EC(3)}$$

DE EC (2)

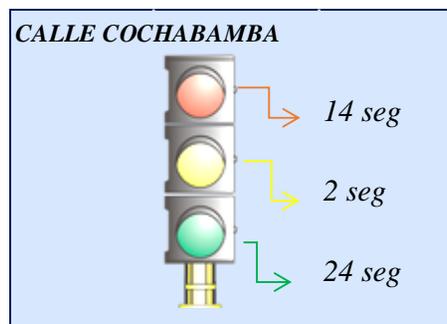
$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = 2,470 \text{ ***** EC(4)}$$

DE EC (3) Y EC (4)

$$T_{VP} = 10 seg$$

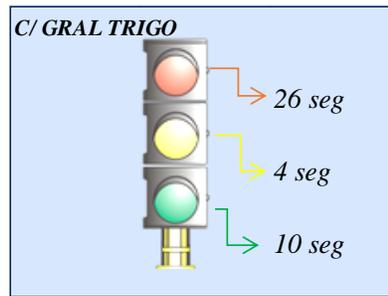
$$T_{VS} = 24 seg$$

Figura 3.67. Semaforización calle principal 1



Fuente: Elaboración propia

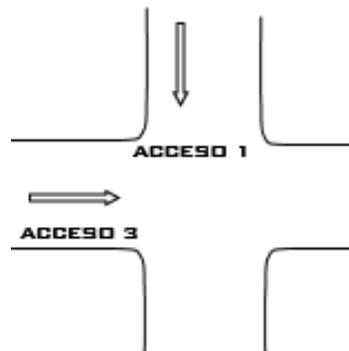
Figura 3.68. Semaforización calle secundaria 1



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 2. calle Sucre y Cochabamba**

Figura 3.69. intersección ejemplo 2



Fuente: Elaboración propia

Volumen c/principal = 449 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 365 veh/hr

Se asume:

T AP= 4 seg

T AS= 2 seg

Tiempo de ciclo asumido

Tc= 40 seg

$$Tc = T_{VP} + T_{VS} + T_{AP} + T_{AS} \text{ ***** EC(1)}$$

$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = \frac{VP * T_{AP}}{VS * T_{AS}} \text{ ***** EC (2)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones

DE EC (1) $40seg = T_{VP} + T_{VS} + 6 seg$

$$T_{VP} = 34 seg - T_{VS} \text{ ***** EC(3)}$$

DE EC (2)

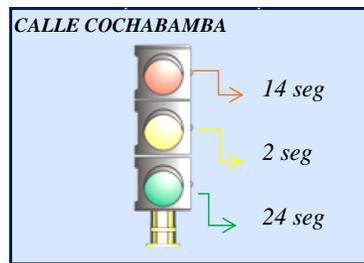
$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = 2,460 \text{ ***** } EC(4)$$

DE EC (3) Y EC (4)

$$T_{VP} = 10 \text{ seg}$$

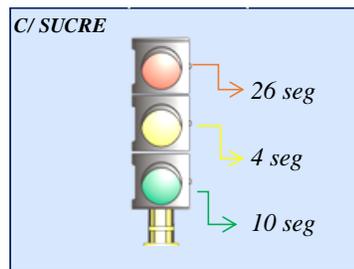
$$T_{VS} = 24 \text{ seg}$$

Figura 3.70. Semaforización calle principal 2



Fuente: Elaboración propia

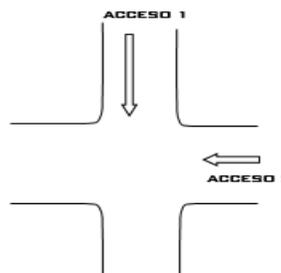
Figura 3.71. Semaforización Calle Secundaria 2



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 3. calle Daniel Campos y Cochabamba**

Figura 3.72. intersección ejemplo 3



Fuente: Elaboración propia

Volumen c/principal = 461 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 254 veh/hr

Se asume:

Tap= 4 seg

Tas= 2 seg

Tiempo de ciclo asumido

Tc= 40 seg

$$Tc = T_{VP} + T_{VS} + T_{AP} + T_{AS} \text{ ***** EC (1)}$$

$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = \frac{VP * T_{AP}}{VS * T_{AS}} \text{ ***** EC (2)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones

DE EC (1) $40seg = T_{VP} + T_{VS} + 6 seg$

$$T_{VP} = 34 seg - T_{VS} \text{ ***** EC (3)}$$

DE EC (2)

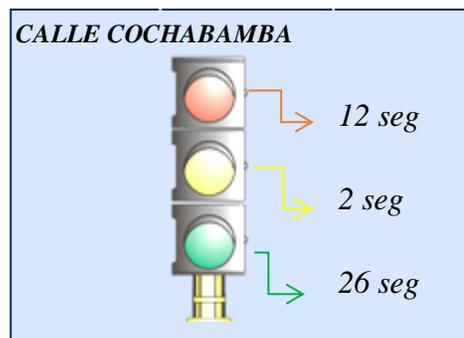
$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = 3,630 \text{ ***** EC (4)}$$

DE EC (3) Y EC (4)

$$T_{VP} = 8seg$$

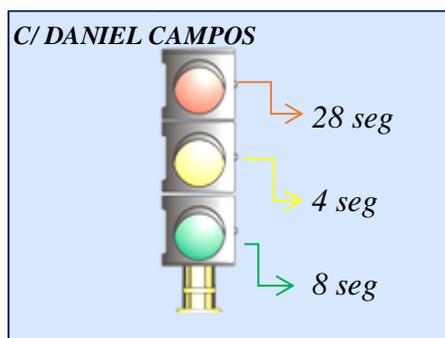
$$T_{VS} = 26 seg$$

Figura 3.73. Semaforización calle principal 3



Fuente: Elaboración propia

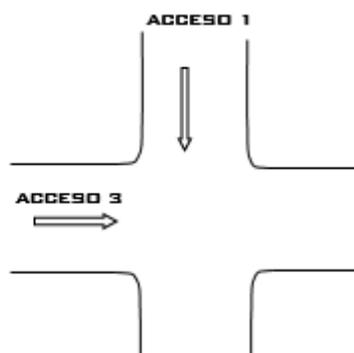
Figura 3.74. SemafORIZACIÓN calle secundaria 3



Fuente: Elaboración propia

- **Intersección 4. calle Colón y Cochabamba**

Figura 3.75. intersección ejemplo 4



Fuente: Elaboración propia

Volumen c/principal = 342 veh/hr

Volumen c/ secundaria = 354 veh/hr

Se asume:

Tap= 4 seg

Tas= 2 seg

Tiempo de ciclo asumido

Tc= 40 seg

$$TC = T_{VP} + T_{VS} + T_{AP} + T_{AS} \text{ ***** EC (1)}$$

$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = \frac{VP * T_{AP}}{VS * T_{AS}} \text{ ***** EC (2)}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones

DE EC (1) $40\text{seg} = T_{VP} + T_{VS} + 6\text{seg}$

$$T_{VP} = 34\text{seg} - T_{VS} \text{ ***** EC(3)}$$

DE EC (2)

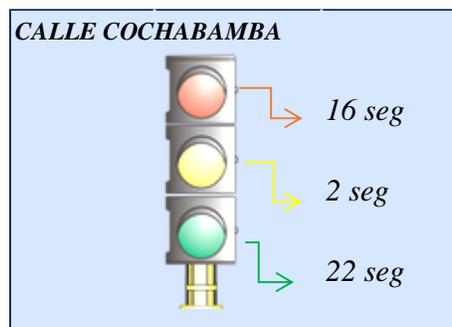
$$\frac{T_{VP}}{T_{VS}} = 1,932 \text{ ***** EC(4)}$$

DE EC (3) Y EC (4)

$$T_{VP} = 12\text{seg}$$

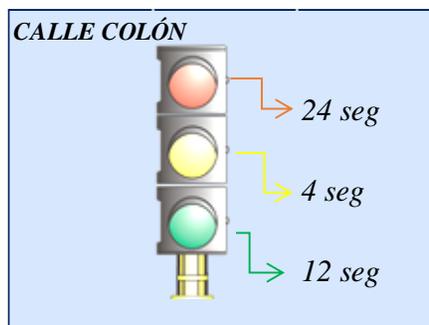
$$T_{VS} = 22\text{seg}$$

Figura 3.76. Semaforización calle principal 4



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.77. Semaforización calle secundaria 4



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.72. Resumen de semaforización calle Cochabamba entre General Trigo y Colón.

Intersección calle Cochabamba y calle General Trigo				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	14	26
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	24	10
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Cochabamba y calle Sucre				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	14	26
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	24	10
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Cochabamba y calle Daniel Campos				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	12	28
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	26	8
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Cochabamba y calle Colón				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	16	24
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	22	12
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo norte – sur
- Av. Belgrano (av. La Paz – calle España)

Tabla 3.73. Resumen de semaforización av. Belgrano entre La Paz y España.

Intersección av. Belgrano y av. La Paz				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50
Intersección av. Belgrano y av. España				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo sur – norte
- Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)

Tabla 3.74. Resumen de semaforización av. Circunvalación entre La Paz y Font.

Intersección av. Circunvalación y Font				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50
intersección av. Circunvalación y Gamoneda				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50
Intersección av. Circunvalación y Gran Chaco				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50
Intersección av. Circunvalación y Av. La Paz				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo oeste – este
- Calle Junín (calle Ingavi – calle Potosí)

Tabla 3.75. Resumen de semaforización calle Junín entre calle Ingavi y Potosí.

Intersección calle Junín e Ingavi				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	0	0	18	20
Tiempo amarillo (seg)	0	0	2	2
Tiempo verde(seg)	0	0	25	23
Tiempo de ciclo(seg)	0	0	45	45
Intersección calle Junín y Domingo Paz				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	0	0	18	21
Tiempo amarillo (seg)	0	0	4	4
Tiempo verde(seg)	0	0	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	0	0	50	50
Intersección calle Junín y Potosí				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	20	18	21
Tiempo amarillo (seg)	2	2	4	4
Tiempo verde(seg)	25	23	28	25
Tiempo de ciclo(seg)	45	45	50	50

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo oeste – este
- Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)

Tabla 3.76. Resumen de semaforización calle Narciso Campero entre Bolívar y Cochabamba.

Intersección calle Narciso Campero y Bolívar				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	14	26
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	24	10
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Narciso Campero y Domingo Paz				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	14	26
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	24	10
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Narciso Campero y Corrado				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	12	28
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	26	8
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40
Intersección calle Narciso Campero y Cochabamba				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	16	20	16	24
Tiempo amarillo (seg)	2	2	2	4
Tiempo verde(seg)	18	14	22	12
Tiempo de ciclo(seg)	36	36	40	40

Fuente: Elaboración propia

- ❖ Tramo este – oeste
- Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)

Tabla 3.77. Resumen de semaforización Av. Alto de la Alianza entre Calle Saavedra e Ibibobo.

Intersección av. Alto de la Alianza y Guerra Huayco				
Tiempo de fase	Calle princ.	Calle sec.	Calle princ.	Calle sec.
	Semaforización original		Semaforización propuesta	
Tiempo rojo (seg)	18	21	20	23
Tiempo amarillo (seg)	4	4	4	4
Tiempo verde(seg)	28	25	31	28
Tiempo de ciclo(seg)	50	50	55	55

Fuente: Elaboración propia

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados obtenidos después de los aforos en horas pico.

Tabla 3.78. Resumen de resultados obtenidos sobre el volumen y nivel de servicio.

Tramo	Vol. máx. vehicular (veh/h)	Vol. min. vehicular (veh/h)	Nivel de servicio
Calle Cochabamba	461	314	D
Avenida Belgrano	920	523	F
Avenida Circunvalación	1544	1403	F
Calle Junín	831	332	F
Calle Narciso Campero	492	459	F
Avenida Alto De La Alianza	450	340	D

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de servicio que se presentan en las intersecciones estudiadas son críticos, no se encuentran brindando flujo libre vehicular, la relación volumen/capacidad nos indica que; la capacidad real de la vía no es suficiente para el volumen de circulación actual.

Estos niveles de servicio fueron calculados en base a aforos, es decir volúmenes vehiculares reales en horas pico, maniobras que los vehículos realizan al ingresar a la intersección y datos geométricos de los puntos de estudio.

Los niveles de servicio de las intersecciones representan una circulación de densidad elevada. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.

Tomando en cuenta que el índice de crecimiento es de 5,55 %. se espera un crecimiento vehicular futuro lo cual generara un cambio en la capacidad y nivel de servicio.

Tabla 3.79. Resumen de resultados obtenidos sobre el volumen y nivel de servicio aplicando el índice de crecimiento futuro.

Tramo	Vol. máx. vehicular (veh/h)	Vol. min. vehicular (veh/h)	Nivel de servicio
Calle Cochabamba	486,355	331,27	D
Avenida Belgrano	970,6	551,765	F
Avenida Circunvalación	1628,92	1480,165	F
Calle Junín	876,705	350,26	F
Calle Narciso Campero	519,06	484,245	F
Avenida Alto De La Alianza	474,75	358,7	D

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como resultado anterior que los niveles de servicio son clase F lo cual significa un flujo forzado, se debe de tomar las medidas necesarias para solucionar esto a futuro y así poder brindar un comportamiento vehicular favorable tanto para peatones como conductores. En los siguientes párrafos se detalla tramo por tramo las soluciones

propuestas para mejorar en comportamiento vehicular en las redes urbanas críticas de estudio.

3.4. SOLUCIONES PROPUESTAS

Tomando en cuenta los resultados obtenidos después de un análisis de tráfico y físico se propone lo siguiente:

- ❖ **Tramo norte – sur**
- **Tramo: calle Cochabamba (calle General Trigo – calle Colón)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y añadir la señalización horizontal de este tramo, dado que en su estado actual no cuenta con estas, entre las cuales se propone las siguientes:

- Cruce de peatones
- Líneas de parada
- Líneas de Separación de carriles
- Líneas de demarcación de calzada
- Flechas direccionales

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos

Tomando en cuenta que la calle Cochabamba es de dos carriles y se hace el mal uso de esta ignorando todas las señales de "NO ESTACIONAR" y debido a esto hay una gran cantidad de autos estacionados que bloquean el flujo vehicular.

Ya conocidas las metodologías de asignación de tráfico se puede implementar la siguiente: La que se ajusta a la situación del tramo es la de **control de estacionamiento**. La modalidad a emplear sería la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como, por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.

- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.

❖ **Tramo norte – sur**

- **Tramo: av. Belgrano (av. La Paz – calle España)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y horizontal, este tramo se encuentra en una zona escolar y comercial por lo tanto no puede haber ningún tipo de deficiencias en su señalización para así evitar daños y accidentes de cualquier tipo.

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos.

Tomando en cuenta las metodologías de asignación de tráfico se pueden implementar las siguientes:

Debido a la zona en la que se encuentra este tramo podemos aplicar las siguientes metodologías:

- **Control de estacionamiento**

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- la prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos.
- la fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento.
- la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como, por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.
- facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros

- reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.
- **Restricción vehicular**

La restricción vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- restricción por tipo de vehículo, en este caso particulares o taxis, ya que son vehículos de poca capacidad.
- Restricción por placas.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas de vehículos de poca capacidad para una circulación de vehículos fluida, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, como ser el transporte público.
- reducir el tiempo dedicado por vehículos que circulan a una velocidad mínima entorpeciendo el flujo vehicular en búsqueda de pasajeros.

- **Tarificación vehicular**

La tarificación vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- Sistema manual. - Este consiste esencialmente en el uso de una tarjeta adherida al parabrisas de los vehículos que quieran circular en los sectores sujetos a tarificación, que podría ser adquirida en diversos lugares de expendio. El costo de implantación de este esquema es moderado.
- Sistema electrónico. - El sistema electrónico consiste en el cobro automatizado de la tarifa al pasar por cada lugar tarificado.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- cambios en el modo de transporte, hora y ruta de diversos viajes, lo que se traduciría en menor congestión; en todo caso, es necesario verificar que no se

generen impactos negativos, como congestión en sectores o períodos no tarifados, lo que disminuiría en algún grado los beneficios alcanzados.

- disminución de los recursos consumidos en el transporte urbano (costos operacionales de vehículos y tiempos de viaje).
- disminución de la emisión de contaminantes.
- menor estrés por la disminución de los tiempos de viaje y de los atochamientos.
- generación de recursos monetarios, producto de las tarifas de congestión cobradas, que podrían tener varios destinos como un fondo de transporte urbano, mejoramiento y conservación de las vías, mejoramiento del transporte público y otros.

❖ **Tramo sur – norte**

- **Av. Circunvalación (av. Monseñor Font – av. La Paz)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y añadir señalización horizontal, dado que este tramo conecta gran parte de la ciudad y la circulación de vehículos pesados es constante, por lo tanto, no puede haber ningún tipo de deficiencias en su señalización para así evitar daños y accidentes de cualquier tipo.

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos.

Tomando en cuenta las metodologías de asignación de tráfico se pueden implementar la siguiente:

- **Escalonamiento por horarios**

El escalonamiento por horarios en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- establecer distintas horas de entrada y salida para las diferentes actividades que existen en las grandes ciudades, tales como trabajo, comercio, colegios, universidades, y otras, de modo que cada actividad tenga un comienzo desfasado en relación con las otras.
- Establecer un horario fijo para la circulación de determinado tipo de vehículos.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- Los usuarios tienen la opción de seguir desplazándose en el modo de su predilección.
- Disminución de la contaminación Este efecto se nota en el corto plazo, en la medida en que bajen los niveles de tránsito.
- liberar espacio de calles y avenidas de vehículos de gran capacidad para una circulación de vehículos fluida, aumentando la capacidad efectiva de las vías.

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Junín (calle Ingavi – calle Potosí)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y horizontal, este tramo se encuentra en una zona escolar y comercial por lo tanto no puede haber ningún tipo de deficiencias en su señalización para así evitar daños y accidentes de cualquier tipo.

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos.

Tomando en cuenta las metodologías de asignación de tráfico se pueden implementar las siguientes:

Debido a la zona en la que se encuentra este tramo podemos aplicar las siguientes metodologías:

- **Control de estacionamiento**

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- la prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos.
- la fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento.
- la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.

- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como, por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.
 - fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.
 - facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros
 - reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.
- **Restricción vehicular**

La restricción vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- restricción por tipo de vehículo, en este caso particulares o taxis, ya que son vehículos de poca capacidad.
- Restricción por placas.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas de vehículos de poca capacidad para una circulación de vehículos fluida, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, como ser el transporte público.
- reducir el tiempo dedicado por vehículos que circulan a una velocidad mínima entorpeciendo el flujo vehicular en búsqueda de pasajeros.

- **Tarificación vehicular**

La tarificación vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- Sistema manual. - Este consiste esencialmente en el uso de una tarjeta adherida al parabrisas de los vehículos que quieran circular en los sectores sujetos a tarificación, que podría ser adquirida en diversos lugares de expendio. El costo de implantación de este esquema es moderado.

- Sistema electrónico. - El sistema electrónico consiste en el cobro automatizado de la tarifa al pasar por cada lugar tarifado.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- cambios en el modo de transporte, hora y ruta de diversos viajes, lo que se traduciría en menor congestión; en todo caso, es necesario verificar que no se generen impactos negativos, como congestión en sectores o períodos no tarifados, lo que disminuiría en algún grado los beneficios alcanzados.
- disminución de los recursos consumidos en el transporte urbano (costos operacionales de vehículos y tiempos de viaje).
- disminución de la emisión de contaminantes.
- menor estrés por la disminución de los tiempos de viaje y de los atochamientos.
- generación de recursos monetarios, producto de las tarifas de congestión cobradas, que podrían tener varios destinos como un fondo de transporte urbano, mejoramiento y conservación de las vías, mejoramiento del transporte público y otros.

❖ **Tramo oeste – este**

- **Calle Narciso Campero (calle Bolívar – calle Cochabamba)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y horizontal, este tramo se encuentra en una zona escolar y comercial por lo tanto no puede haber ningún tipo de deficiencias en su señalización para así evitar daños y accidentes de cualquier tipo.

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos.

Tomando en cuenta las metodologías de asignación de tráfico se pueden implementar las siguientes:

Debido a la zona en la que se encuentra este tramo podemos aplicar las siguientes metodologías:

- **Control de estacionamiento**

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- la prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos.
- la fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento.
- la imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como, por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.
- facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros
- reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.

❖ **Restricción vehicular**

La restricción vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- restricción por tipo de vehículo, en este caso particulares o taxis, ya que son vehículos de poca capacidad.
- Restricción por placas.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- liberar espacio de calles y avenidas de vehículos de poca capacidad para una circulación de vehículos fluida, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, como ser el transporte público.
- reducir el tiempo dedicado por vehículos que circulan a una velocidad mínima entorpeciendo el flujo vehicular en búsqueda de pasajeros.

❖ **Tarificación vehicular**

La tarificación vehicular en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- Sistema manual. - Este consiste esencialmente en el uso de una tarjeta adherida al parabrisas de los vehículos que quieran circular en los sectores sujetos a tarificación, que podría ser adquirida en diversos lugares de expendio. El costo de implantación de este esquema es moderado.
- Sistema electrónico. - El sistema electrónico consiste en el cobro automatizado de la tarifa al pasar por cada lugar tarificado.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- cambios en el modo de transporte, hora y ruta de diversos viajes, lo que se traduciría en menor congestión; en todo caso, es necesario verificar que no se generen impactos negativos, como congestión en sectores o períodos no tarificados, lo que disminuiría en algún grado los beneficios alcanzados.
- disminución de los recursos consumidos en el transporte urbano (costos operacionales de vehículos y tiempos de viaje).
- disminución de la emisión de contaminantes.
- menor estrés por la disminución de los tiempos de viaje y de los atochamientos.
- generación de recursos monetarios, producto de las tarifas de congestión cobradas, que podrían tener varios destinos como un fondo de transporte urbano, mejoramiento y conservación de las vías, mejoramiento del transporte público y otros.

❖ **Tramo este – oeste**

❖ **Av. Alto de la Alianza (calle Saavedra – calle Ibibobo)**

Tomando en cuenta la zona y necesidades tanto de automovilistas y peatones se propone mejorar la señalización vertical y añadir señalización horizontal, dado que este tramo conecta gran parte de la ciudad y la circulación de vehículos pesados es constante, por lo tanto, no puede haber ningún tipo de deficiencias en su señalización para así evitar daños y accidentes de cualquier tipo.

Nota. Se adjunta plano de señalización en anexos.

Tomando en cuenta las metodologías de asignación de tráfico se pueden implementar la siguiente:

❖ **Escalonamiento por horarios**

El escalonamiento por horarios en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- establecer distintas horas de entrada y salida para las diferentes actividades que existen en las grandes ciudades, tales como trabajo, comercio, colegios, universidades, y otras, de modo que cada actividad tenga un comienzo desfasado en relación con las otras.
- Establecer un horario fijo para la circulación de determinado tipo de vehículos.

Añadiendo esta metodología se pretende conseguir lo siguiente:

- Los usuarios tienen la opción de seguir desplazándose en el modo de su predilección.
- Disminución de la contaminación Este efecto se nota en el corto plazo, en la medida en que bajen los niveles de tránsito.
- liberar espacio de calles y avenidas de vehículos de gran capacidad para una circulación de vehículos fluida, aumentando la capacidad efectiva de las vías.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Finalizado el presente trabajo, se tienen las siguientes conclusiones.

La formación de colas de espera en las calles Cochabamba, Narciso Campero y Junín se debe en gran parte a la mala coordinación de semáforos o a la falta de los mismos, estos no cuentan con un cerebro que les permita ser accionados individualmente, ya que la mayoría de los semáforos se accionan en una misma fase. La utilización de algún software o programa computacional más los valores obtenidos de este estudio servirían de gran manera, para mejorar la repartición de tiempos de ciclo de semáforo de una intersección a otra, así se puede conseguir de manera sencilla sin la necesidad de hacer pruebas en campo. Esta variación de tiempos de los semáforos puede lograr que se readecue y mejore la circulación del tráfico vehicular.

En las horas pico el problema de tráfico público es evidente a simple vista, se observa las colas de espera y demoras que generan la gran cantidad de vehículos que circulan dentro de las calles del área central y de las zonas comerciales dando como resultado que todos los tramos se encuentren en niveles de capacidades deficientes en estos casos D y F. Una buena señal es la no circulación de transporte pesado. Además de que, en más de la mitad de la vía la velocidad de circulación media disminuye considerablemente con respecto al flujo libre, es por esta razón que la metodología a proponer es la de control de estacionamiento para una libre circulación y restricción vehicular ya sea por placas o por tipo de automóvil.

El caso de la calle Junín es preocupante ya que es un tramo en el que sus intersecciones no cuentan con semáforo, tampoco tienen señales o dispositivos de control como ser un rompemuelleres que prioricen la maniobra de los vehículos cuyo acceso tiene mayor volumen de llegada. Se propone implementar semáforos, control de estacionamiento y añadir un rompemuelleres que evite el ingreso de vehículos alta velocidad en la intersección de la calle Junín y calle Ingavi.

El transporte público (taxis, micros, taxi trufi) tiene gran incidencia dentro de la zona en la que se encuentran los tramos de la calle Cochabamba, calle Narciso Campero, avenida Belgrano, representa casi el 60% de la circulación vehicular. La mayoría de los conductores de micros no respetan las paradas establecidas ya sea por su propia imprudencia o la de algún pasajero, no existe un control estricto con respecto a esta situación. Los taxistas también generan congestión debido a que circulan por las vías a velocidades bajas en busca de pasajeros.

Aproximadamente en un 30 % de las calles e intersecciones del tramo de la avenida Circunvalación, los conductores no cuentan con una buena visibilidad por el mal uso de las veredas y publicidad excesiva, esto repercute en la reducción de su visibilidad al ingreso de la intersección como también de salida, notando también la falta de señalización horizontal, de igual manera los peatones al no contar con un espacio suficiente en la acera hacen uso de la calzada perjudicando el tráfico y contribuyendo al aumento del congestionamiento.

El estacionamiento deberá ser prohibido al ingreso del tramo de la avenida Alto de la Alianza en un campo de acción mayor, ya que al ser una avenida de conexión sumamente importante se debe de priorizar una circulación libre y fluida.

De igual forma deberá extenderse en cobro de estacionamiento a todas las calles perimetrales y adyacentes a las zonas de estudio teniendo el mismo el valor de 1 Bs y 5 Bs dentro de la zona de estudio centrales y comerciales, para que de esta manera inducir al usuario para que tome otro tipo de mecanismo para llegar a su objetivo.

Es evidente que el incumplimiento de la señalización y las normas de tránsito, ya sea por conductores o peatones ocasionan congestión vehicular y posibles accidentes a los usuarios que transitan por la zona.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear las siguientes medidas de solución:

❖ MEDIDAS FÍSICAS

Se debe realizar la colocación de señalización vertical como ser: CEDA EL PASO, VELOCIDAD MAXIMA, NO ESTACIONAR, en todas aquellas calles donde no se dispone de éstas, con el propósito de regular el flujo vehicular y evitar el encuentro de puntos de flujo que origina posibilidad de accidentabilidad.

Ejecutar las señales horizontales de CRUCE DE PEATONES, LINEAS DE PARADA, Y NO ESTACIONAR en las intersecciones que no se dispone de ellas y en las que sí; realizar acciones preventivas para mantener su condición visible tanto diurna como nocturna con la reflectividad necesaria.

Para aquellas intersecciones que tienen un considerable volumen de tráfico, pero pese a eso no cumplen con las condiciones para instalar semáforos, se recomienda la utilización de espejos viales, que son espejos convexos que ayudan a la visibilidad de automotores de ambas vías o de reductores de velocidad, evitando algunos accidentes que se podrían suscitar por la excesiva velocidad y a la falta de dispositivos de control de tráfico. Estos son dispositivos de bajo costo y que, si son bien colocados, trabajan de forma efectiva.

Establecer señales verticales de presencia de paradas de micros o ómnibus del transporte público, en forma recomendable no cerca de la intersección sino más bien a 20 o 25 m. de las intersecciones para no perjudicar la visibilidad.

Se recomienda la instalación de semáforos peatonales donde estos se requieran, y que cumplan con condiciones de tráfico peatonal, tomando en cuenta principalmente zonas escolares, de la alcaldía y de la gobernación.

Realizar un control estricto del estacionamiento próximo a las intersecciones, ya que, en aquellas más conflictivas, es el principal factor que afecta a la capacidad real de la vía y el nivel de riesgo.

En las inspecciones de seguridad vial se pudo evidenciar la ausencia de cruces peatonales en la mayoría de las intersecciones y en caso de existencia éstas se encontraban en mal estado, por lo tanto, se recomienda la implementación de los mismos.

❖ MEDIDAS DE CIRCULACIÓN

En la toma de datos de aforo realizado en los puntos de estudio establecidos, se pudo evidenciar que en el flujo vehicular el mayor porcentaje de vehículos que circulan por calles y avenidas de la ciudad de Tarija, pertenece al transporte público, es decir micros, taxis, taxi-trufis, quienes además realizan maniobras peligrosas que aumentan el riesgo de accidentabilidad como las detenciones bruscas, el ascenso y descenso de pasajeros en la vía, salidas y entradas en las paradas de manera sorpresiva, etc. Por lo que se debería plantear rutas exclusivamente para este tipo de vehículos para así disminuir el riesgo de accidentes y al mismo tiempo brindar comodidad al resto de los usuarios de la vía como ser transporte privado como también los usuarios peatones.

Deben evitarse maniobras de estacionamiento en calles y avenidas donde se realizó el estudio ya que éstas aumentan el riesgo de accidentalidad especialmente a peatones.

❖ MEDIDAS DE EDUCACIÓN VIAL

En cuanto al comportamiento de los usuarios con respecto a la seguridad vial es deficiente, en primer lugar, debido al desconocimiento de las normas de tránsito y otro al incumpliendo de las normas de tránsito que nos rigen, por ello se debe hacer campañas educativas tanto para usuarios peatones, como para usuarios conductores de manera que se logre concientizar a dicha población de la responsabilidad que tienen en cuanto a la seguridad vial.

Así mismo es recomendable la educación vial referente a la preferencia al uso del servicio de transporte público, ya que esta conducta ayuda también a disminuir el congestionamiento vehicular y contribuye a otros aspectos ambientales como ser consumo de combustible, contaminación atmosférica, contaminación auditiva, estrés de conductores, estrés de peatones y otros.

Tanto la Dirección Departamental de Tránsito de Tarija como la unidad encargada de Transporte de la Honorable Alcaldía Municipal deben proyectar con fines educativos e informativos, spots por los diversos medios de comunicación donde se visualice la falta de educación vial y las consecuencias que ello lleva.

