

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La manera como nos movemos en las ciudades ha cambiado, el primer automóvil fue uno de los inventos más revolucionarios en el mundo, trayendo prosperidad para esas épocas no solo en el transporte sino también proponiendo una nueva clase de elementos de movilidad como las motos, las bicicletas entre otros.

Actualmente el reto de movilidad no es la búsqueda de nuevos medios de transporte sino la creación de un ecosistema que se adapte a las necesidades de la población actual así mismo de soluciones para reducir la congestión vehicular.

El mayor congestionamiento vial ocurrió en 1980 en la carretera entre Paris y Lyon, miles de conductores quedaron varados durante horas, la causa principal fue el gran aumento del tráfico de vehículos en la carretera debido a la falta de infraestructura adecuada, es un problema común en áreas urbanas y tiene consecuencias negativas tanto para los conductores como para la eficiencia y productividad en general.

Los tiempos de viaje y el consumo de combustible son indicadores de los costos de operación y funcionamiento es relevante, ya que estos factores se ven afectados significativamente durante los atascos de tráfico. Los conductores experimentan pérdidas de tiempo y un mayor gasto de combustible, lo que resulta en un impacto económico negativo tanto para los individuos como para la sociedad en general.

Aunque han pasado más de 40 años desde el incidente, la congestión vial sigue siendo un desafío en todo el mundo.

Bolivia en 1940 incorpora buses con una capacidad de 40 a 60 pasajeros que se distinguían por colores Amarillo, rojo y azul, en 1967 aparece en Taxi de Ruta Fija que llevaba 7 pasajeros, actualmente se ha visto un aumento explosivo de vehículos motorizados, debido al aumento del poder adquisitivo de las clases socioeconómicas, el mayor acceso al crédito vehicular, mayor oferta de vehículos usados.

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar los efectos del congestionamiento de vehículos livianos en el centro de la ciudad de Tarija que generan conflicto, ocasionado por el exceso de vehículos que circulan al mismo tiempo, provocando pérdida de tiempo al circular, causando estrés como también problemas de salud.

La evaluación vehicular propuesta permitirá identificar y analizar la situación actual de congestionamiento y buscar una alternativa de solución a corto plazo que vaya a resolver el problema del centro de la ciudad.

El análisis de los efectos de congestionamiento de vehículos livianos puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en el diseño de políticas de transporte y la planificación urbana.

## **1.2 SITUACIÓN PROBLÉMICA**

Debido al crecimiento vehicular incontrolable en ciudad de Tarija, el congestionamiento de vehículos en las vías urbanas, provocan efectos negativos donde el conductor no puede realizar maniobras con libertad, la presencia excesiva de vehículos tiene un gran impacto en la eficiencia y productividad laboral.

En las calles del centro de la ciudad de Tarija se observa que los vehículos aceleran, frenan incontrolablemente, la velocidad de circulación no es constante se ve afectada por varios factores ya sea por los semáforos o por el transporte público que no tiene educación vial. Muchos de los operarios no tienen conocimiento alguno de que circular por estas calles congestionadas incrementan considerablemente el costo de circulación.

La investigación analiza vehículos livianos ya que en las estadísticas del INE 2023 se observa que el parque automotor alcanza 83.801 vehículos, los automóviles particulares representan el 95%, los de servicio público 2 % y los vehículos de uso oficial 3%.

**Figura 1.1 Distribución del parque automotor por tipo de servicio 2023**

**GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE TARIJA**  
**PARQUE AUTOMOTOR CLASIFICADO POR CLASE Y SERVICIO**  
**(VEHICULOS REEMPLACADOS CON RADICATORIA DEFINIDA)**  
**AL MES DE JUNIO DEL AÑO 2023**

ALCALDIA	CLASE	OFICIAL	PARTICULAR	PUBLICO	TOTAL
TARIJA	AMBULANCIA	17	21		38
	AUTOMOVIL	17	15.445	223	15.685
	BUS	13	191	176	380
	CAMION	406	5.030	338	5.774
	CAMIONETA	451	9.339	26	9.816
	FURGONETA	8	212	4	224
	JEEP	71	1.961		2.032
	MICRO	2	619	289	910
	MINIBUS	10	932	72	1.014
	MOTO	809	27.293		28.102
	QUADRATRACK	29	96		125
	TORPEDO	14	2		16
	TRACTO-CAMION	15	317	411	743
	VAGONETA	189	18.425	328	18.942
<b>TOTAL</b>		<b>2.051</b>	<b>79.883</b>	<b>1.867</b>	<b>83.801</b>

Fuente: Registro Único para la Administración Tributaria Municipal (RUAT) 2023

La creciente demanda en el uso de vehículos particulares actualmente genera uno de los mayores problemas de congestión en el centro de la ciudad de Tarija y la falta de disponibilidad de espacios para estacionar, estas calles están en contacto directo con instituciones públicas como también negocios particulares que generan mayor demanda.

Ante este problema lo que se busca el mejorar la fluidez vehicular en el centro de la ciudad de Tarija, proponiendo una alternativa de solución que disminuya la congestión.

### 1.2.1 Problema

¿Cómo se podrá reducir los efectos de congestionamiento de vehículos livianos en el centro de la ciudad de Tarija a corto plazo?

### 1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema

La ciudad de Tarija en este momento presenta un estado de conflicto debido al excesivo congestionamiento en el casco central, la presencia excesiva de vehículos tiene un gran impacto en la productividad laboral que nos inspira a realizar esta investigación, para la

cual se busca el beneficio conductor/ pasajero que brinde circulación sin congestión.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio “Análisis de los efectos de congestión de vehículos livianos” permite determinar la cantidad de vehículos livianos en circulación que provocan el atascamiento, contaminación del aire, estrés, ruidos excesivos, accidentes en la ciudad de Tarija.

Las calles en estudio presentan un alto tráfico de vehículos livianos, sobre todo automóviles públicos, privados, vagonetas y micros, que se ven congestionados debido a la ubicación de colegios, bancos, mercados, palacio de justicia, entre otras instituciones de Tarija.

El desarrollo y crecimiento vehicular evidente trae consecuencias negativas a corto y largo plazo, proponer como solución la planificación vehicular a corto plazo ligada al control policial reducirá riesgos costosos, errores de decisión y a hacer un uso más eficiente de los recursos económicos.

El trabajo propuesto aborda un tema relevante y actual en el ámbito de la movilidad urbana. El análisis de los efectos del congestión en vehículos livianos puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en el diseño de políticas de transporte y la planificación urbana a corto plazo.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar los efectos del congestión de vehículos livianos en el área central de la ciudad de Tarija a partir de los parámetros de circulación: velocidad, volumen, semaforización y estacionamiento, con el fin de plantear una alternativa de solución a corto plazo que reduzcan el congestión.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el aforo vehicular en el centro de la ciudad de Tarija de forma manual con la norma AASTHO.
- Analizar los parámetros de la circulación: velocidad, volumen, semaforización y estacionamiento que influyen en el congestionamiento a través del análisis de las gráficas: Congestionamiento/velocidad, congestionamiento/volumen y congestionamiento/ estacionamiento.
- Determinar los efectos en el congestionamiento de los parámetros estudiados en el área evaluada, mediante el análisis de los gráficos velocidad/volumen, velocidad/estacionamiento y volumen/velocidad.
- Realizar un análisis de la situación actual de congestión vehicular con el software PTV VISSIM.
- Realizar la Simulación del tráfico futuro con una nueva distribución de vehículos livianos.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones, en base a los resultados del efecto de estudio de congestionamiento en el área de estudio.

### 1.5 HIPÓTESIS

Si, se realiza un análisis a los parámetros de tráfico recopilados de cada punto en estudio del centro de la ciudad de Tarija, se logrará establecer la causa de los puntos más conflictivos, lo que permitirá proponer una solución a corto plazo.

### 1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

#### 1.6.1 Variable 1

**Tabla 1.1 Variable de Congestión Vehicular**

Variable 1	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Valor/acción
		Vía	Kilómetros (Km)	Relación ancha de la vía y el tránsito vehicular.

<b>Variable 1</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor/acción</b>
Congestión Vehicular	Aglomeración de vehículos en una vía, produciendo incremento en los tiempos de viaje.	Capacidad vehicular	Vehículos/hora (Veh/ hr)	Relación entre el número total de vehículos que circulan en 1 hora.
		Velocidad de circulación	Kilómetros/hora (Km/hr)	Es la relación entre un espacio recorrido y el tiempo que tarda en recorrerla.
		Factor horario pico	Hora (hr)	Hora más crítica donde existe mayor acumulación de vehículos.
		Tiempo recorrido	Hora (hr)	Tiempo de recorrido en la hora pico.

Fuente: Elaboración Propia

### 1.6.2 Variable 2

**Tabla 1.2 Variable del Efecto en el Comportamiento Vehicular**

<b>Variable 2</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor/acción</b>
Efectos en el Comp. Vehicular	Son los factores que afectan al vehículo que circula en una calle en un periodo de tiempo determinado	Velocidad	Kilómetros/hora (Km/hr)	Relación entre una distancia que se recorre y el tiempo que se tarda en recorrer.
		Volumen	Vehículos/hora (Veh/ hr)	Cantidad de vehículos que circulan en un tramo en un determinado tiempo.
		Capacidad	Vehículos/hora (Veh/ hr)	Cantidad de vehículos que circula por una calle en un tiempo determinado

<b>Variable 2</b>	<b>Conceptualización</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor/acción</b>
		Estac.	Área (m <sup>2</sup> )	Área destinada a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo, ocupados dentro o fuera de la vía.

Fuente: Elaboración Propia

## **1.7 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación tiene dos variables a medir, el congestionamiento vehicular en la ciudad de Tarija, las cuales serán representadas en porcentajes respecto a las calles urbanas definidas por el investigador.

Para cumplir con los objetivos propuestos se hará una evaluación precisa de los efectos de congestionamiento que determinaran el funcionamiento vehicular en zonas críticas, si estos índices son muy elevados se deberá plantear medidas de solución más eficientes y sostenibles con el fin de mejorar la calidad y productividad de vida de las personas.

## **1.8 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo busca cumplir con los objetivos propuestos, se hará un análisis de los efectos de congestionamiento respecto a los parámetros velocidad, volumen, estacionamiento y semaforización que afectan el funcionamiento vehicular en zonas críticas del centro de la ciudad de Tarija, para plantear una medida de solución eficiente y sostenible con el fin de mejorar la calidad y productividad de vida de las personas.

Para desarrollar el proyecto se debe tener conocimiento de que es un estudio de tráfico, de sus definiciones y cada uno de los parámetros estudiados.

-Se determinarán los parámetros: volúmenes de tráfico, velocidad, estacionamiento y semaforización en horas pico de forma manual de acuerdo a la norma AASTHO.

-Se realizará el análisis por medio de gráficas que relacionen el congestionamiento con los parámetros de velocidad de circulación, volumen de vehículos livianos y estacionamiento.

- Así mismo se analizará los tiempos de ciclo de los semáforos para posteriormente hacer un nuevo diseño de los tiempos de fase.

-Se presentará la simulación de tráfico actual en los puntos congestionados mediante el software PTV VISSIM 2024.

-Como alternativa de solución a corto plazo se limitará el ingreso de vehículos, que estarán restringidos por la terminación del número de placa en las horas pico, mediante el software VISSIM, se mostrará la nueva distribución de tráfico vehicular, con esta información se pueden tomar acciones para reducir el congestionamiento.

-Finalmente, estableceremos las conclusiones y recomendaciones a las que se llegan después de haber terminado el trabajo en gabinete que se enfocarán en los objetivos, si estos se cumplieron, basados en los resultados obtenidos por el análisis.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES SOBRE CONGESTIONAMIENTO EN VÍAS URBANAS**

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES SOBRE CONGESTIONAMIENTO EN VÍAS URBANAS**

#### **2.1 INGENIERÍA DE TRÁFICO**

La Ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería del transporte que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

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.

#### **2.2 PARÁMETROS DE TRÁFICO**

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

##### **2.2.1 Tránsito promedio diario (TPD)**

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

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras,

aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

#### **2.2.1.1 Transito promedio horario (TPH)**

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo, dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

#### **2.2.1.2 Volumen directriz**

Es un concepto definido exclusivamente para obtener un valor que represente el 80% o más del tiempo durante un día la cantidad de vehículos que circula por una calle o carretera no exceda el valor máximo. Para ello se ha definido que el volumen directriz numéricamente se obtenga de un ordenamiento descendente del TPH máximo correspondientes a los 365 días de un año denominado el valor “trigésimo”. Para algunos proyectos de menor envergadura también se han utilizado de ese mismo ordenamiento el valor 50 o el valor 80 como volúmenes directrices.

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

#### **2.2.1.3 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, yeps 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.

#### **2.2.1.4 Variación de los volúmenes de tráfico**

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

#### **2.2.2 Recuento de volúmenes de tráfico**

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- a) Recuento Automático
- b) Recuento Manual

##### **2.2.2.1 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.

#### **2.2.2.2 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.

#### **2.2.2.3 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.

- a) Permanente
- b) Periódicos

c) De tiempo específico

#### **2.2.2.3.1 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.

#### **2.2.2.3.2 Recuento periódico**

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

#### **2.2.2.3.3 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 significativa.

### **2.2.3 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:

- a) Velocidad de punto
- b) Velocidad de recorrido total
- c) Velocidad de crucero
- d) Velocidad directriz

#### **2.2.3.1 Velocidad de punto**

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de distancia está previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 25,50,75 y 100 metros.

La característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman 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.

Un estudio de la velocidad de punto es realizado registrando las velocidades de una muestra de vehículos en una localización específica. El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad.

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

- En intersecciones y otros puntos a mitad de cuadra, que registren alta frecuencia de accidentes.
- En los puntos donde se propone la instalación de semáforos o señales de Pare.

- En todas las arterias principales.
- En los puntos representativos escogidos para el estudio.

### **2.2.3.2 Método de medición**

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

- 1).- Método del cronometro
- 2).- Método del enoscopio
- 3).- Método del radar métrico

#### **2.2.3.2.1 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.

#### **2.2.3.2.2 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  $45^\circ$  de tal forma que la visual de entrada se refleja en forma ortogonal a  $90^\circ$  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.

#### **2.2.3.2.3 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.

### **2.2.3.3 Velocidad de recorrido total**

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

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

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

- El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho
- El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento.
- Este tiempo de demoras puede tener como causas, detención de vehículos, cruce de peatones semáforos, etc.

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

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

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

tc = tiempo de circulación (hr)

td = tiempo de demoras (hr)

dr = distancia de recorrido (km.)

#### **2.2.3.4 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

#### **2.2.3.5 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:

$$VC = DR / TC$$

Donde:

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.

#### **2.2.3.6 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 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.

### **2.3 ELEMENTOS DE TRÁFICO**

Los elementos fundamentales del tráfico son tres:

- a). - Usuario
- b). - Vehículo
- c). - Camino

### **2.3.1 Elemento usuario**

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

#### **2.3.1.1 Conductor**

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

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.

### **2.3.1.2 El peatón**

Uno de los otros elementos fundamentales del tráfico es el usuario peatón que está relacionado directamente con el problema de circulación, el peatón en la práctica es un

usuario mucho más indisciplinado que el conductor, siendo uno de los que más incumple con las reglamentaciones y normas de tránsito, normalmente es el usuario que deja su seguridad física al conductor y no vela por sí mismo de su seguridad a partir de su forma de comportamiento.

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

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.

### **2.3.2 Elemento vehículo**

El vehículo como elemento fundamental es necesario conocerlo desde varios puntos de vista como ser sus 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 yeeeps 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 semirremolque.

Finalmente, autobuses consideramos a los vehículos para transporte de pasajeros con una capacidad de más 24 personas.

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

### Automóviles

**Tabla 2.1 Dimensión de automóviles**

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	6.00 m	4.56 m
Ancho	2.06 m	1.14 m
Alto	1.75 m	1.25 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

### Camiones

**Tabla 2.2 Dimensión de camiones**

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	11.00 m	5.75m
Ancho	2.44 m	1.88 m
Alto	3.81 m	1.75 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

## Autobuses

**Tabla 2.3 Dimensión de autobuses**

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	12.25 m	7.15m
Ancho	2.44 m	2.44 m
Alto	2.90 m	2.44 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

### 2.3.3 Elemento camino

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 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 inventariarían 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.

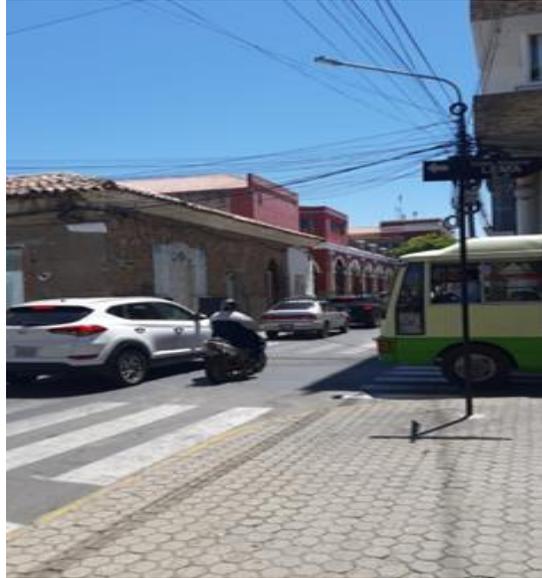
## 2.4 CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR

La congestión vehicular es el resultado de la incapacidad del tráfico para fluir de manera constante y libre en una red vial, puede deberse a la excesiva demanda o a la reducción de la capacidad de la vía, tiene un impacto en la salud mental de las personas, a su vez genera contaminación atmosférica, aumenta el consumo de combustible, impone sobrecostos y disminuye la productividad laboral.

Este problema de congestión en las últimas décadas, se debe a varios factores como el incremento del parque automotor, el crecimiento de las ciudades, déficit de obras viales

como vías alternas, la carencia de planificación y coordinación en las políticas de transporte y movilidad.

**Figura 2.1 Congestionamiento vehicular**



Fuente: Elaboración propia

La viabilidad de circulación en una ciudad es un concepto de vital importancia puesto que cada persona tiene la necesidad de desplazarse de un lugar a otro en especial en vehículos motorizados a través de una calle o vía de comunicación terrestre, el atascamiento afecta directamente en la viabilidad en una calle debido a diversos factores ya mencionados y que estos puedan conllevar a diversos problemas como accidentes, retrasos, daño al estado del pavimento y/o estructuras viales aledañas, consumo excesivo de combustible en los vehículos.

“La congestión surge en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda” (Ortuzar y Willumse, 1994).

Si bien refleja la percepción de la ciudadanía, esta definición no propone límites exactos para el inicio del fenómeno.

Un intento de definir el término en forma precisa, acorde con la percepción habitual, fue incluido en un proyecto de ley chileno, destinado a implantar la tarifación vial, se declaraba congestionada aquella vía en que más de la mitad de su extensión total,

considerando tramos no necesariamente consecutivos, la velocidad media espacial del flujo fuese inferior a 40 % de la velocidad en régimen libre.

Esta condición debería verificarse al menos durante cuatro horas diarias entre martes y jueves, mediante mediciones hechas durante cuatro semanas seguidas entre marzo y diciembre. También se consideró una definición exacta para zonas congestionadas.

## **2.5 CAUSAS DEL CONGESTIONAMIENTO**

La causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, etc. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería; “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás”

El sistema de transporte, incluyendo la provisión de suelo urbano para infraestructura de transporte, se desenvuelve bajo características propias muy particulares, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- La demanda por transporte es derivada, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse, generalmente ellos son producto de la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades (como el trabajo, las compras, el estudio, la recreación, el descanso, etc.)
- La demanda por transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las cuales se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en buena forma las horas del día para realizar las distintas actividades y para tener oportunidad de contacto con otras personas.
- El transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo, como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en periodos de mayor demanda.

- La congestión se produce en diversos lugares con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados, sociales y pérdida de calidad de vida.

Algunos vehículos generan más congestión que otros. En la ingeniería de tránsito, se expresa cada tipo de vehículo en equivalencias pcu (Passenger car unit) o unidades de coches para personas.

Un auto tiene una equivalencia de 1 y los demás una equivalencia correspondiente a su influencia perturbadora sobre el flujo de tránsito o el espacio vial que efectivamente ocupan, en comparación con su auto. Normalmente se considera que un bus tiene una equivalencia de aproximadamente 3 y un camión de 2.

Aunque un bus genera más congestión que un auto, transporta generalmente más personas. Si un bus lleva 50 pasajeros y un auto en promedio 1.5 persona, entonces cada ocupante del auto produce 11 veces la congestión atribuible a cada `pasajero del bus. Por lo tanto, la congestión se reduce si aumenta la participación de los buses en la participación modal de los viajes.

Otro factor que aumenta la congestión es el desconocimiento de las condiciones de tránsito. Si un motorista, con dos rutas disponibles, A y B, para llegar a su destino, supiera que las condiciones de tránsito estuviesen deterioradas por la A, entonces, podría emplear la B, donde su propia contribución a la congestión sería inferior. Un estudio hipotético efectuado en la Universidad de Texas, Estados Unidos, indica que estar informado sobre las condiciones de tránsito en las distintas partes de la red puede reducir la congestión mucho más que la propia tarificación vial (Notas del Instituto Mexicano de Transporte, 2000).

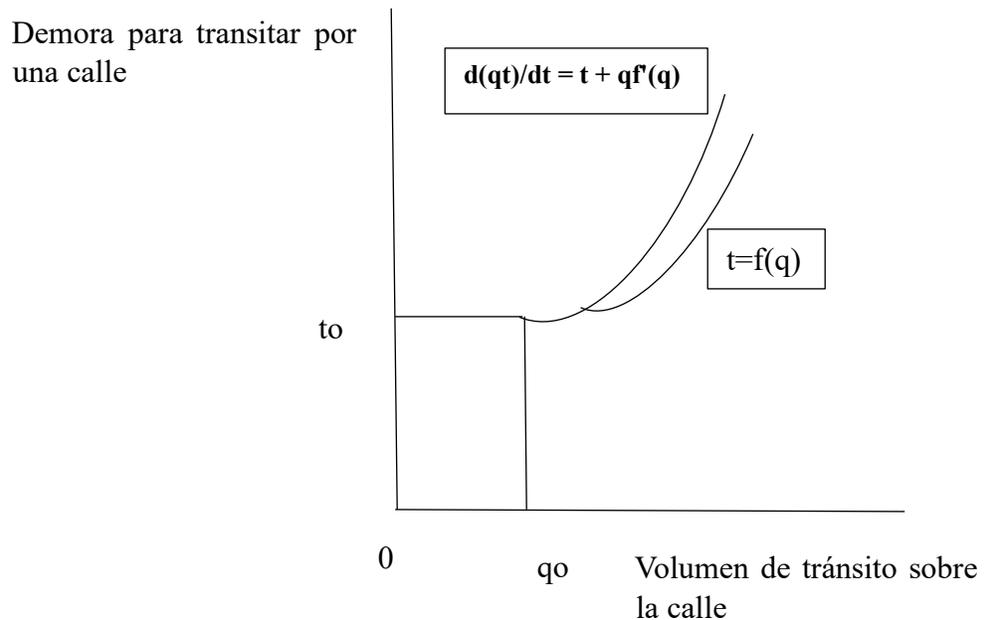
## **2.6 RELACIÓN DEL CONGESTIONAMIENTO CON PARÁMETROS DE TRÁFICO**

A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación. Véase la Figura 1, que presenta, mediante la función  $t=f(q)$ , el tiempo ( $t$ ) necesario para transitar por una calle, a diferentes volúmenes de tránsito ( $q$ ).

La otra curva,  $d(qt)/dt = t + qf'(q)$ , se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito ( $q$ ), el aumento del tiempo de viaje

de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional.

**Figura 2.2 Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito**



Fuente: CEPAL, Junio 2001

Puede observarse que las dos curvas coinciden hasta el nivel de tránsito  $Q_0$ ; hasta allí, el cambio en el tiempo de viaje de todos los vehículos es simplemente el tiempo empleado por el que se incorpora, porque los demás pueden seguir circulando a la misma velocidad que antes. Por el contrario, de ahí en adelante, las dos funciones divergen, estando  $d(qt)/dt$  por arriba de  $t$ .

Eso significa que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando. Ello tiene como consecuencia que un usuario individual percibe sólo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento. En el lenguaje especializado se dice que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los costos marginales sociales. En estricto rigor, los usuarios tampoco tienen acabada noción de los costos medios privados, puesto que, por ejemplo, pocos

automovilistas tienen una idea clara de cuánto les cuesta realizar un viaje adicional, en términos de mantenimiento, desgaste de neumáticos, etc.

Por otra parte, sí perciben los costos cargados por el gobierno, que son simples transferencias del automovilista al estado, particularmente el impuesto sobre los combustibles, todo lo cual distorsiona su forma de tomar decisiones.

Otra conclusión, que por lo demás se puede corroborar por simple observación, es que a bajos niveles de congestión, un aumento en el flujo no aumenta significativamente el tiempo de viaje, pero, a niveles mayores, el mismo aumento absoluto incrementa considerablemente las demoras totales.

De acuerdo con la definición entregada, la congestión empieza con un volumen de tránsito **Oq0**. El problema es que en general, ello sucede a volúmenes relativamente bajos, lo cual no coincide con la interpretación popular del concepto. (CEPAL, Junio 2001).

## **2.7 EFECTOS DEL CONGESTIONAMIENTO**

En las horas punta, una gran parte de la red vial en las ciudades latinoamericanas está operando muy cerca de su capacidad, implicando que pequeños aumentos en los flujos de tránsito agraven muy severamente la congestión.

Aunque no hay muchas cifras que reflejen concretamente la tendencia de la congestión a lo largo de los años, datos de São Paulo indican que, en 1992, en promedio, unos 28 kilómetros de la red principal de las vías sufrían de congestión aguda en las mañanas, y 39 kilómetros en las tardes; en 1996, las extensiones correspondientes habían subido a 80 y 122 kilómetros respectivamente (Companhia de Engenharia de Tráfego, 1998).

Además, la congestión más aguda ya no se observa solamente en las comunas más adineradas sino también en algunas de ingresos medianos. Los barrios de mayores ingresos se sitúan en el noroeste de la ciudad. En esa zona hay congestión, y además la hay en las avenidas entre ella y el centro de la ciudad.

Sin embargo, entre los lugares más congestionados se incluyen avenidas ubicadas en otras partes de la ciudad, donde los ingresos familiares son muy inferiores, y que ni siquiera son zonas de pasada para personas de ingresos altos.

Parece razonable concluir que los costos de congestión son elevados y a la inversa, que la adopción de medidas de costo moderado para rebajarla tendría beneficios netos significativos.

Cálculos conservadores estiman que aumentar, en promedio, las velocidades de los viajes en auto en 1 km/h y los de transporte colectivo en 0.5 km/h, implica una reducción de tiempos de viaje y de costos de operación de un valor equivalente a 0.1% del PIB (Thomson, 2000).

De todos modos, meramente medir las velocidades del tránsito o cuantificar los costos de congestión no refleja del todo la profundidad del problema; en efecto, para limitar los efectos de la congestión, hay personas que cambian de conducta, adoptando hábitos, que idealmente, no serían de su preferencia, como salir de la casa muy temprano para adelantarse a los momentos de mayor congestión, o residir en las cercanías del lugar de trabajo.

A lo señalado deben agregarse otras serias consecuencias que afectan severamente las condiciones de la vida urbana, entre las que se cuentan la incrementada contaminación del aire provocada por el consumo de combustibles en vehículos que circulan en un tránsito convulsionado a baja velocidad, los mayores niveles de ruido en el entorno de las vías principales, la irritabilidad causada por la pérdida de tiempo y el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva.

Estos otros resultados de la congestión pueden ser difíciles de cuantificar, pero no por ello deben dejarse de considerar, por constituir agravantes de una situación seria.

- Enfocando el análisis en quienes deben transportarse, se pueden analizar los efectos de la congestión mediante el desglose de su costo en dos componentes fundamentales: el tiempo personal.

- Los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible, viéndose ambos aumentados al viajar bajo condiciones de congestión.

Está fuera de toda discusión que los propios automovilistas soportan las consecuencias de la congestión.

Es decir, experimentan los efectos de lo que ellos mismos han originado, en términos de mayores tiempos de desplazamiento y de costos de operación acrecentados.

Otro factor, que posiblemente muchos pasajeros consideren más importante que el mayor tiempo de viaje, es la tarifa de los buses.

La congestión demora no solamente a los ocupantes de los buses sino también a los propios buses, por lo que, para proveer la misma capacidad de transporte, se requieren más unidades con sus respectivos conductores, trayendo como consecuencia, tarifas más elevadas.

### **2.7.1 Una visión renovada de las autoridades frente a la congestión**

En casi todas las ciudades de la región, el deterioro de las condiciones de circulación ha sido significativamente más grave de lo que podría y debería ser, en parte, por un manejo inapropiado de las autoridades competentes.

Es obvio que la expansión de las flotas de vehículos particulares ha superado claramente la capacidad institucional para lidiar con esa situación.

Hasta aquí, la reacción de las autoridades ha sido parcializada, debido a que, en toda la región latinoamericana, la responsabilidad de la planificación y administración del transporte urbano está fragmentada en una multiplicidad de entes entre los cuales se cuentan distintos ministerios nacionales, gobiernos regionales, municipalidades, empresas de trenes suburbanos o de metro, la policía de tránsito, etc. Cada una hace lo que considera más indicado, sin tomar mucho en cuenta las repercusiones sobre los intereses de las demás instituciones.

La rapidez con que se incrementa la congestión de tránsito en las ciudades de la región exige a las autoridades un nuevo enfoque para adaptar los sistemas de transporte urbano a esa condición, especialmente en lo que se refiere al uso de los autos en las áreas u horas sujetas a congestión. Es necesario mejorar la capacidad y calidad de respuesta y mejor aún, de previsión, por parte de las instituciones.

Por una parte, ello requiere una creciente competencia profesional y de especialistas en el manejo del tránsito, tanto en las entidades encargadas, como en las universidades y empresas nacionales de consultoría. Por otra, el tránsito debe manejarse en forma integral, más bien que separadamente al nivel de cada institución. (CEPAL, Junio 2001)

## **2.8 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR**

Plantear soluciones ante el problema de los niveles críticos que algunas calles o avenidas han alcanzado ha sido objeto de grandes estudios que plantean soluciones para solucionar este problema.

### **2.8.1 Sistema de cobro**

Es un método que consiste en cobrar tarifas adicionales a los usuarios de transporte, especialmente a los propietarios de automóviles con el objetivo de aumentar de alguna manera los costos asociados a la operación de estos.

Entre ellos se puede hablar de cobros por congestión, cobros por parqueo, cobros por emisión de gases contaminantes y ruido entre otros.

### **2.8.2 Carriles exclusivos**

Consiste en el uso de carriles exclusivos para el servicio de cierto tipo privilegiado de transporte.

Se les brinda un incentivo a los automóviles que transportan más de cierta cantidad de pasajeros, usualmente 2 personas ofreciéndoles un carril exclusivo para este fin.

Se busca hacer más eficiente la utilización del automóvil al transportar más de dos pasajeros ofreciéndole al usuario un beneficio, que en este caso sería el carril exclusivo.

### **2.8.3 Cambio en el uso del suelo, medidas de planeación urbana**

Consiste en hacer un plan de crecimiento de la ciudad con el objetivo de organizar la forma como se da este crecimiento. Se busca desmotivar la creación de zonas de baja densidad de ocupación para los que se requiera grandes recorridos para transportarse.

Se pretende evitar la construcción de obras de infraestructura innecesarias que posteriormente se tengan que demoler o rediseñar debido a la evolución de la ciudad.

### **2.8.4 Inversión en infraestructura**

Esta medida contra la congestión es una de las más utilizadas en los países de Latinoamérica.

Debido a que las vías parecen no ser suficientes para movilizar los volúmenes de tránsito necesarios, parecería que una inversión en infraestructura adicional solucionaría el problema.

Esta inversión puede ser de rehabilitación, ampliación o construcción en el caso de vías o en sistemas de transporte masivo como metros, el problema radica en los grandes costos que implica la construcción de estos proyectos.

#### **2.8.5 Mejoras en los sistemas actuales de transporte**

Se propone la inversión en mejoras en la forma de operación de los modos actuales de transporte con el fin de que al ser estos más eficientes generen en la ciudad una reducción de la congestión y sus consecuencias negativas.

El transporte público colectivo como medio masivo de transporte urbano se considera como una de las soluciones a la congestión vehicular en la medida en que se desincentiva el uso del vehículo particular, al mismo tiempo este servicio público debe ser eficiente para que no se convierta en un factor adicional de congestión.

#### **2.8.6 Restricción de la circulación**

Consiste en la prohibición de la circulación de cierto tipo de vehículos por un tiempo determinado como forma de aliviar la congestión. Bajo el supuesto de que la cantidad de automóviles es la principal causa de la congestión urbana, muchas ciudades del mundo han adoptado medidas de restricción vehicular para combatir la congestión.

De acuerdo al modelo y al número de placa o según el color de calcomanías asignadas por las autoridades, cierta cantidad de vehículos deben abstenerse de moverse por un determinado tiempo, ya sea en las horas pico o durante días enteros.

#### **2.8.7 Modificaciones en los horarios de trabajo**

Simplemente es una medida que trata de disminuir la congestión en horas pico, en todas las ciudades del mundo existen ciertos horarios de trabajo que inducen a que la mayoría de la gente tenga que transportarse a la misma hora del día, estableciendo lo que llamamos horas pico. De esta forma si se logra que no todo el mundo tenga el mismo horario de trabajo se disminuiría la congestión en esa hora pico.

### 2.8.8 Incentivo en el uso de modos alternos de transporte

Consiste en darle a la gente la posibilidad de movilizarse en modos alternativos de transporte, como en bicicleta, patines, etc. o simplemente caminando e incentivar el uso de estos medios.

## 2.9 MANEJO DEL SOFTWARE PTV VISSIM 2024

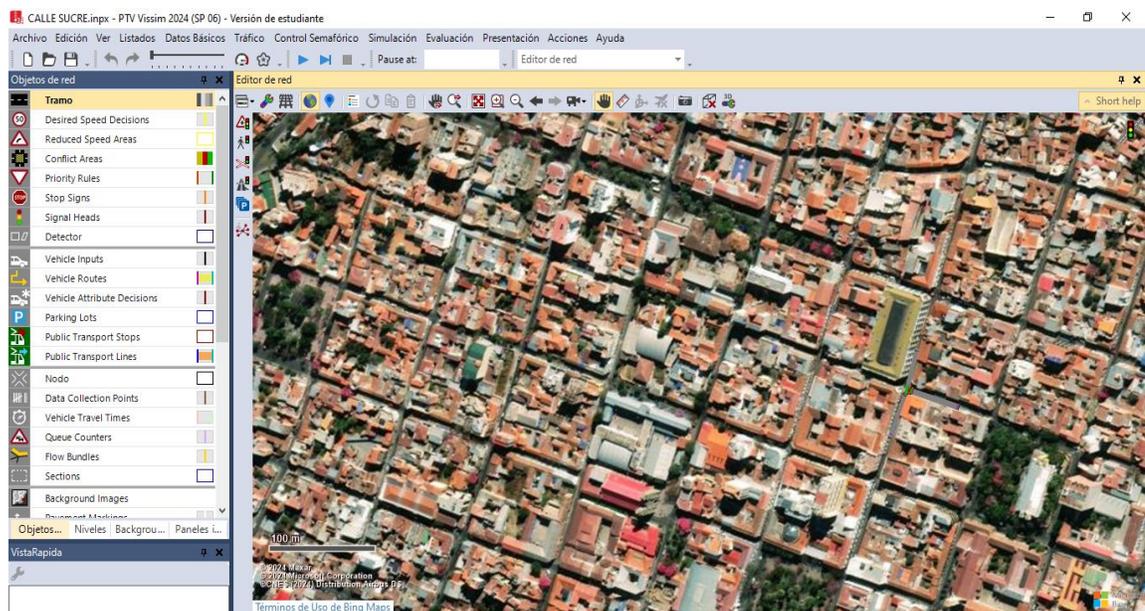
Vissim es una herramienta de software para la simulación del tránsito desarrollada por la empresa PTV (Planung Transport Verkehr), su primera aparición como herramienta comercial en entorno Windows de Microsoft fue en el año 1992 con la versión 2.03.

El manejo del software Vissim versión estudiantes se describirá en los siguientes pasos:

### Ubicación del área en estudio

El área en estudio se identifica usando el buscador proporcionado por el programa, en nuestro estudio comprende las calles del centro de la ciudad de Tarija.

**Figura 2.9.1: Ubicación del área en estudio**

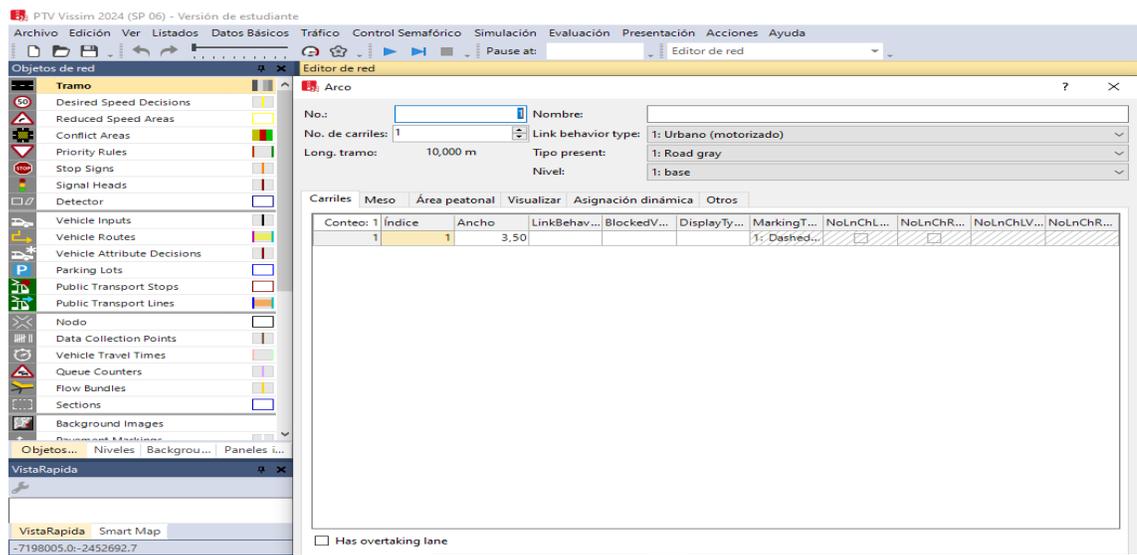


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

### Dibujo de los tramos en estudio

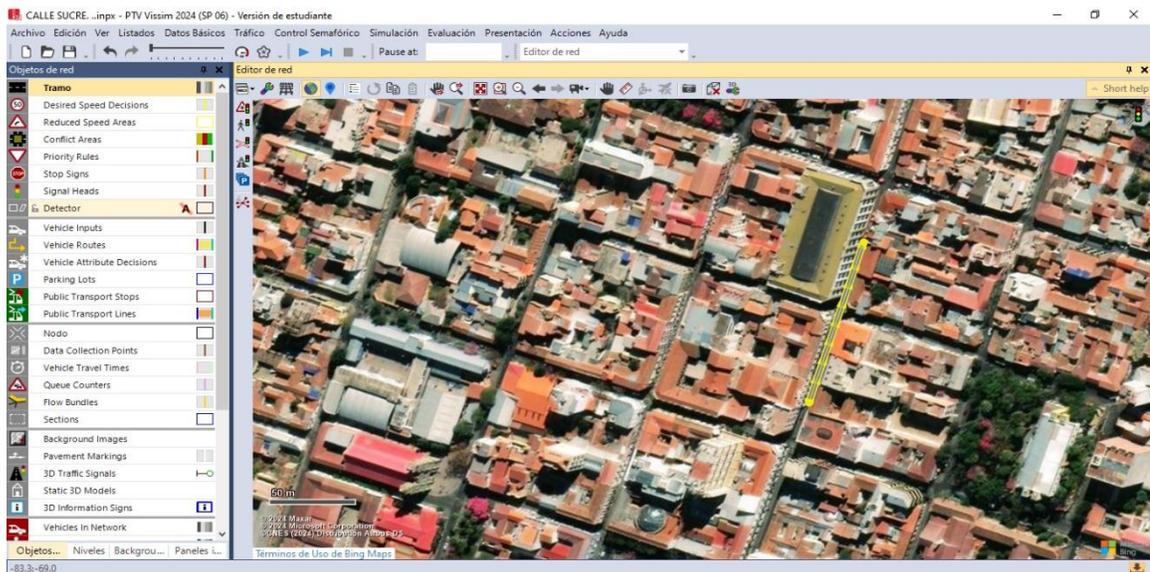
Se utiliza el icono Tramo para dibujar cada tramo con su respectiva característica: nombre, número de carriles y ancho de carril.

**Figura 2.9.2: Editor de cada tramo**



Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

**Figura 2.9.3: Dibujo del tramo en estudio**

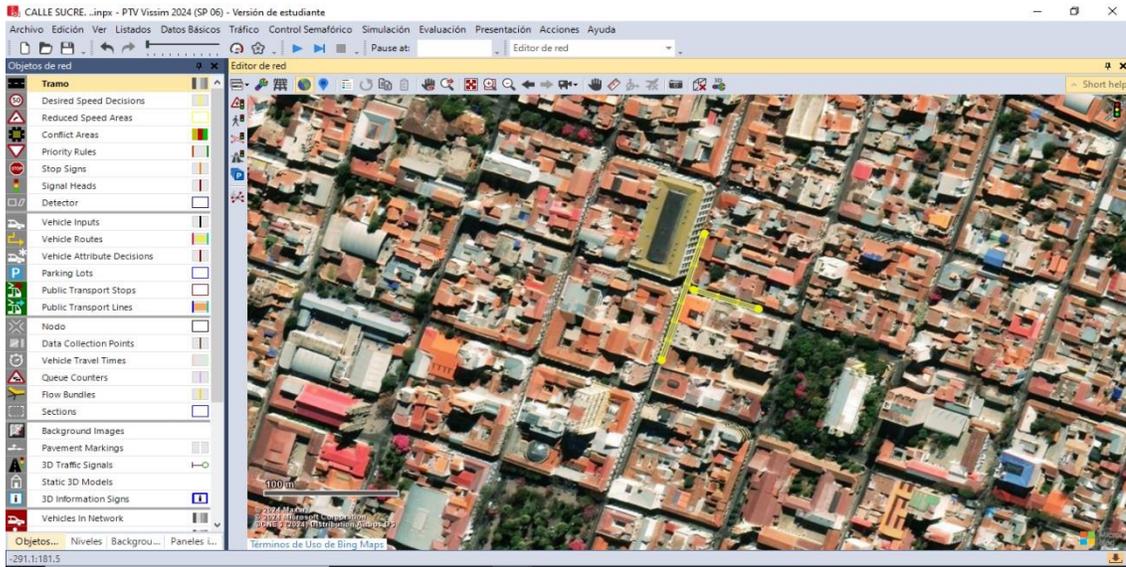


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

## Unión de intersecciones

Se unen las 2 intersecciones por medio de un conector que a la mitad de cada vía.

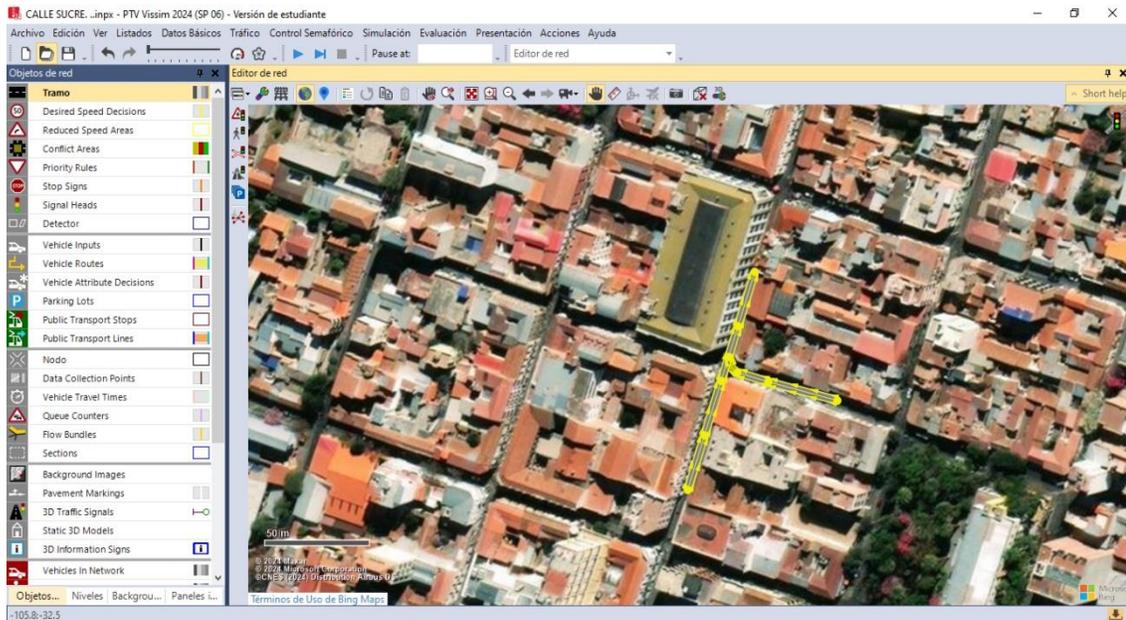
**Figura 2.9.4: Unión de intersecciones**



Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

El conector se genera por medio de puntos que forman una curva en el sentido del carril de giro, el programa da a elegir en número de puntos que se desea tener.

**Figura 2.9.5: Dibujo del conector**

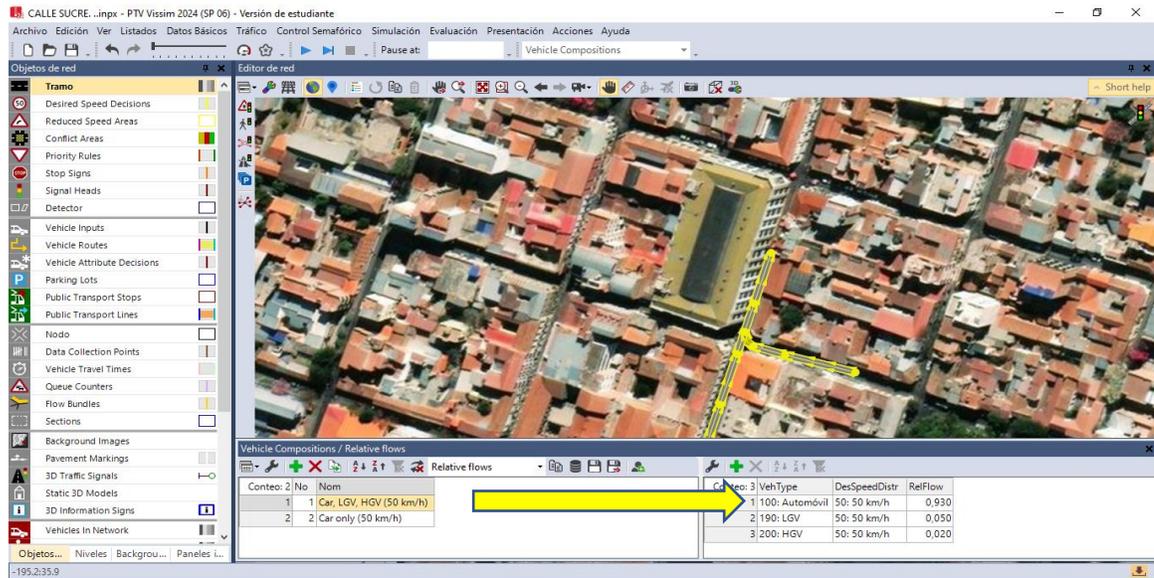


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

## Composición de Vehículos

Se selecciona el tipo de vehículo que ingresa a cada tramo con su respectiva velocidad, obtenida del aforo vehicular. Asu vez se ingresa el volumen de vehículos por hora que ingresa por cada tramo.

Figura 2.9.6: Composición de vehículos

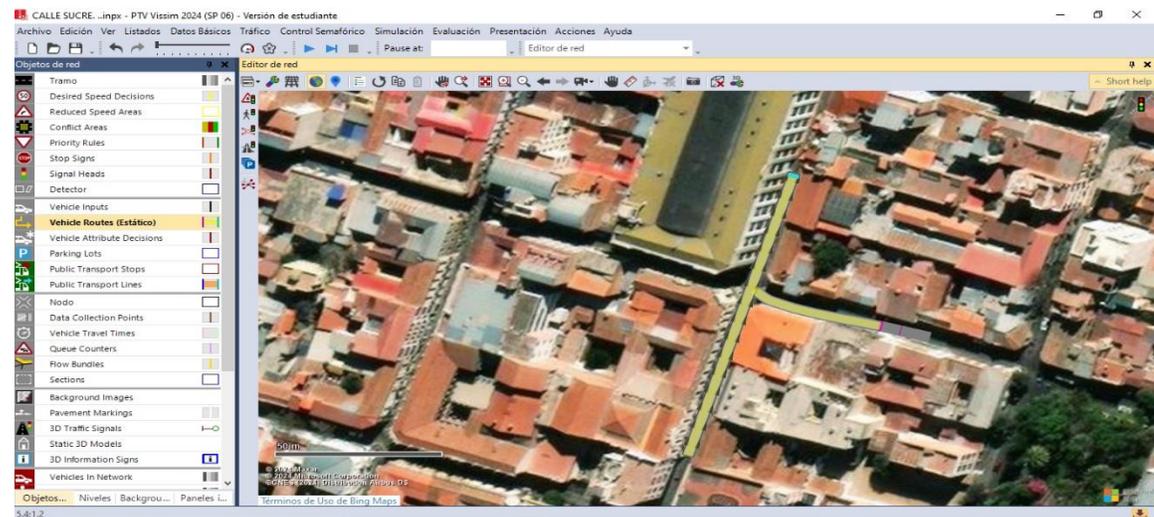


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

## Ruta de circulación.

Se observa que en el tramo hay dos rutas de circulación que podrán tomar los vehículos.

Figura 2.9.7: Dibujo de la ruta de circulación

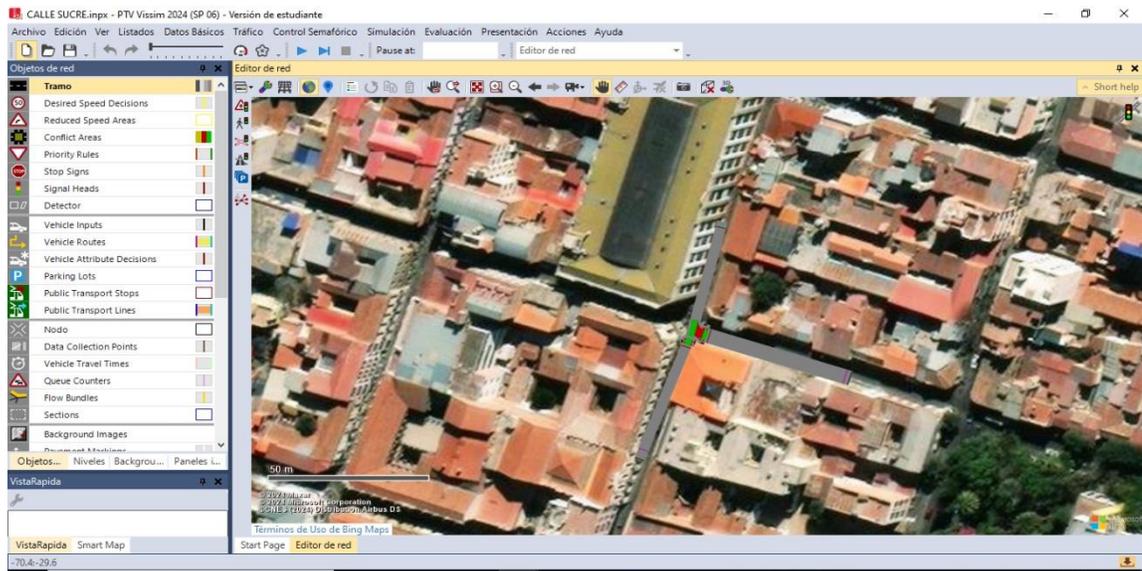


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

## Ubicación de Semáforos

En los tramos que contengan semáforo se seleccionan controladores de tiempo que muestren el tiempo que tarda cada color en cambiar de fase.

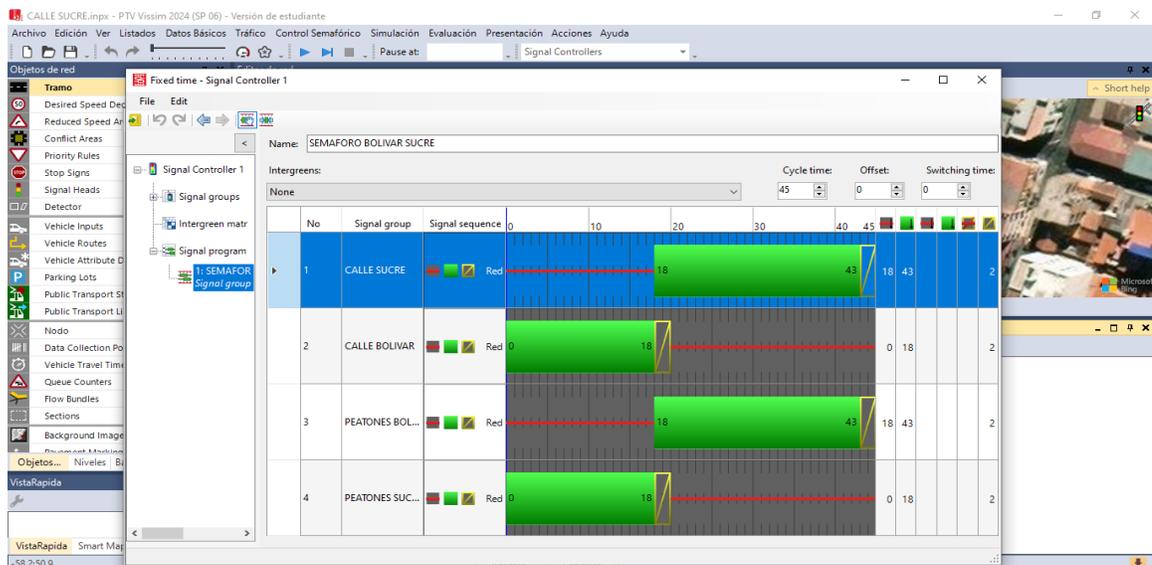
Figura 2.9.8: Dibujo de semáforos



Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

El tiempo de ciclo de cada tramo, está representado por los colores del semáforo.

Figura 2.9.9: Tiempo de ciclo

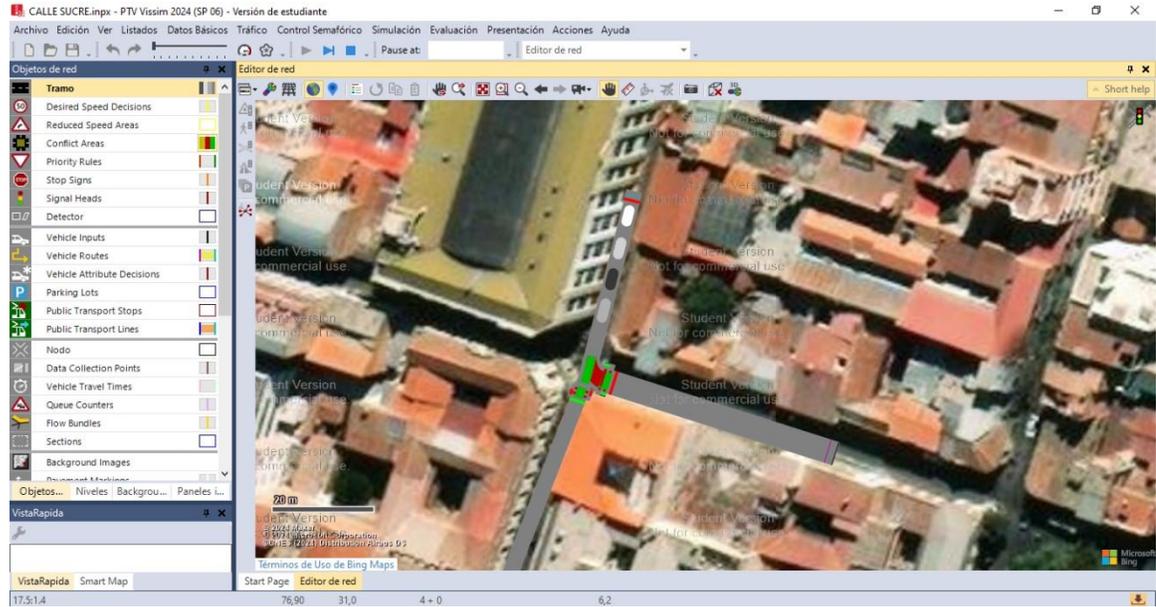


Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

## Aplicación del Software PTV VISSIM versión estudiantes

El software simula la distribución actual de tráfico en cada punto de estudio.

**Figura 2.9.10: Aplicación de PTV VISSIM Versión Estudiantes**



Fuente: Imagen satelital PTV Vissim

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRACTICA SOBRE LOS**  
**EFFECTOS DEL CONGESTIONAMIENTO**  
**EN LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD**  
**DE TARIJA**

### CAPÍTULO III

## APLICACIÓN PRACTICA SOBRE LOS EFECTOS DEL CONGESTIONAMIENTO EN LAS VÍAS URBANAS DE LA CIUDAD DE TARIJA

### 3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se desarrolla en la ciudad de Tarija, provincia Cercado, en el centro de la ciudad de Tarija, el área de estudio está definida por las siguientes calles: Calle Domingo Paz, Calle Sucre, Calle Virginio Lema y Calle Ballivián.

**Figura 3.1 Ubicación del Proyecto**

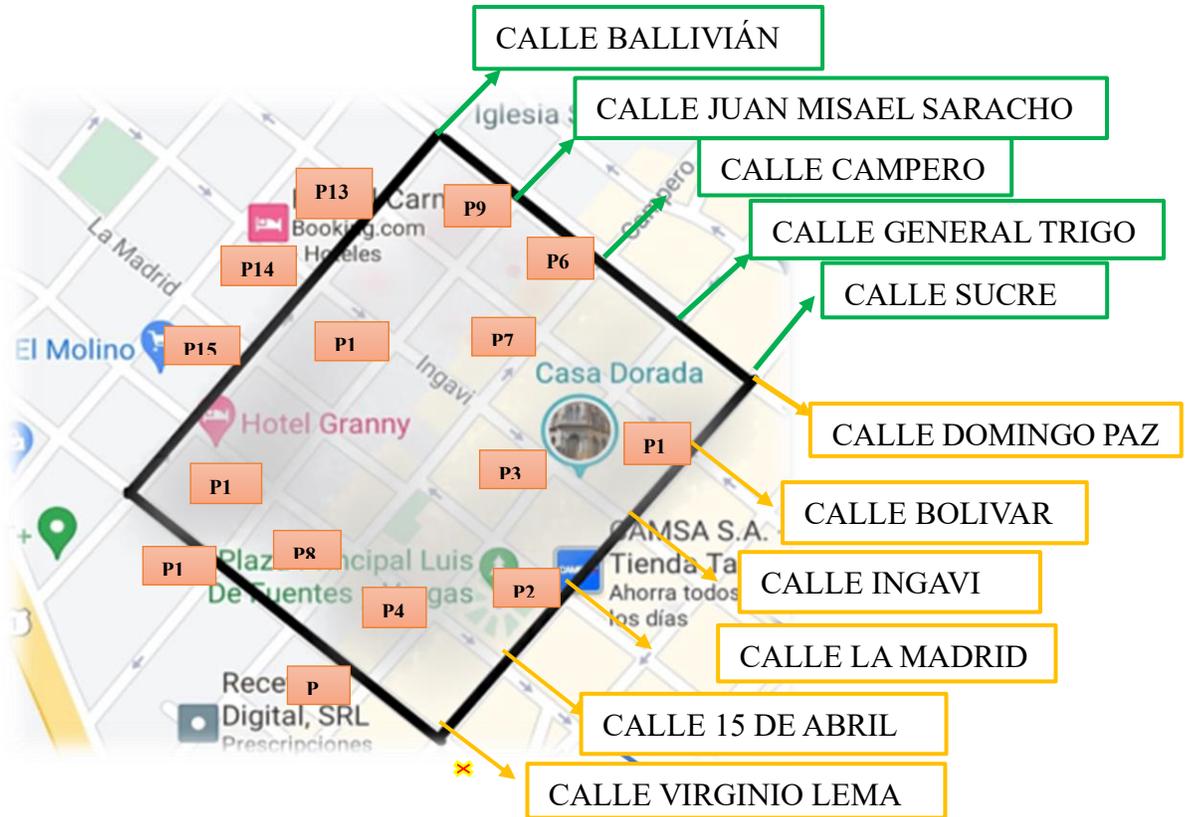


Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área en estudio está ubicada en el centro de la ciudad de Tarija.

**Figura 3.2 Zona en Estudio**



**Fuente:** Elaboración Propia

A continuación, se muestran las características de cada punto en estudio.

**Figura 3.3 Punto 1 C/Sucre entre Ingavi y Bolívar**



El punto 1 cuenta con 2 accesos, cuenta con semaforización.  
No presenta estacionamiento.

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 3.4 Punto 2 C/Sucre entre 15 de Abril y La Madrid**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 2 cuenta con 2 accesos, además de semaforización y estacionamiento en un acceso.

**Figura 3.5 Punto 3 C/ General Trigo entre Ingavi y Bolívar**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 3 cuenta con 2 accesos, además de semaforización y estacionamiento en un acceso.

**Figura 3.6 Punto 4 C/ General Trigo entre 15 De Abril y La Madrid**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 4 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, además de semaforización y estacionamiento en sus accesos.

**Figura 3.7 Punto 5 C/ General Trigo entre Virginio Lema y 15 De Abril**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 5 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, no presenta semaforización. Tiene estacionamiento en sus accesos.

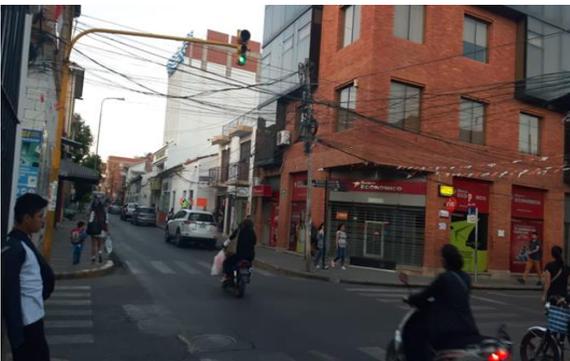
**Figura 3.8 Punto 6 C/Campero entre Bolívar y Domingo Paz**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 6 cuenta con 2 accesos, además de semaforización y estacionamiento en sus accesos.

**Figura 3.9 Punto 7 C/Campero entre Ingavi y Bolívar**



Fuente: Elaboración Propia

El punto 7 tiene 2 accesos en un solo sentido, además cuenta con semaforización y estacionamiento en sus accesos.

**Figura 3.10 Punto 8 C/Campero entre Virginio Lema y 15 de Abril**



El punto 8 tiene 2 accesos, además cuenta con semaforización y estacionamiento en sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.11 Punto 9 C/Juan Misael Saracho entre Bolívar y Domingo Paz**



El punto 9 cuenta con 2 accesos, además de semaforización y estacionamiento en todos sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.12 Punto 10 C/Juan Misael Saracho entre Bolívar e Ingavi**



El punto 10 tiene 2 accesos en un solo sentido, además cuenta con semaforización y estacionamiento.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.13 Punto 11 C/Juan Misael Saracho entre La Madrid y 15 De Abril**



El punto 11 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, presenta semaforización y estacionamiento en sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.14 Punto 12 C/Juan Misael Saracho entre 15 de Abril y Virginio Lema**



El punto 12 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, no presenta semaforización. Tiene estacionamiento en sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.15 Punto 13 C/Ballivián entre Ingavi y Bolívar**



El punto 13 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, no presenta semaforización. Tiene estacionamiento en sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.16 Punto 14 C/Ballivián entre La Madrid e Ingavi**



El punto 14 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, no presenta semaforización. Tiene estacionamiento en todos sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.17 Punto 15 C/Ballivián entre 15 De Abril Y La Madrid**



El punto 15 cuenta con 2 accesos en un solo sentido, no presenta semaforización. Tiene estacionamiento en sus accesos.

Fuente: Elaboración Propia

### **3.3 PARÁMETROS DE TRAFICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

En los últimos años el parque automotor se ha incrementado de sobremanera por lo que la circulación se ha visto afectado en especial por zonas como el casco viejo de Tarija, situación que hace indispensable plantear una solución.

En este sentido se escogió la calle sucre como parte del área en estudio lugar que es foco de caos vehicular por el diseño de circulación de un solo carril de la vía, además la ubicación del mercado Central que atrae un gran movimiento de personas que acuden al

mismo, además que se encuentra el Banco Nacional de Bolivia, banco Fie, banco Bisa y banco Mercantil Santa Cruz.

La calle General Trigo fue seleccionada como área de estudio porque se encuentra la casa Dorada lugar que atrae a muchas personas, además de que en esta calle se encuentra la Plaza Luis de Fuentes y Vargas y el Museo Paleontológico.

La calle Campero se encuentra en Banco Ganadero, es una calle donde se observa un elevado ingreso de micros que congestionan la misma, además se encuentra el SERECI, la catedral de San Bernardo y la FELCV CENTRAL DE POLICIAS.

La calle Juan Misael Saracho se encuentra ubicada el Instituto de Bellas Artes, la Unidad EDUCATIVA Narciso Campero, Posgrado de la universidad Católica Boliviana.

La calle Ballivián fue seleccionada como área de estudio por la ubicación del consulado argentino, Prosalud el Molino y laboratorios de análisis clínico que requieren de estacionamiento.

### **Determinación de las horas pico**

La determinación de las horas pico en este estudio se hizo mediante el aforo vehicular por un día desde las horas 07:00 a 19:00 consecutivas en la zona más crítica, con estos registros se determina las horas pico que son de 08:00 a 09:00, 11:30 a 12:30 y de 18:00 a 19:00 pm.

Los aforos manuales en intersecciones se deben llevar a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda, esto para determinar las horas pico (Cal y Mayor, 2007).

**Tabla 3.1 Datos para determinar el horario pico**

#### **CALLE SUCRE ENTRE C/ LA MADRID**

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Volumen (Vehículos)</b>
7:00 - 7:30	161
7:30 - 8:00	157
8:00 - 8:30	184

Tiempo (horas)	Volumen (Vehículos)
8:30 - 9:00	197
9:00 - 9:30	170
9:30 - 10:00	164
10:00 - 10:30	159
10:30 - 11:00	153
11:00 - 11:30	165
11:30 - 12:00	192
12:00 - 12:30	199
12:30 - 13:00	149
13:00 - 13:30	134
13:30 - 14:00	143
14:00 - 14:30	145
14:30 - 15:00	148
15:00 - 15:30	168
15:30 - 16:00	159
6:00 - 16:30	166
16:30 - 17:00	157
17:00 - 17:30	158
17:30 - 18:00	180
18:00 - 18:30	193
18:30 - 19:00	198

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.18 Histograma de horas pico**



Fuente: Elaboración Propia

Definidas previamente las horas pico, se realizó el aforo de volúmenes en las tres horas pico de cada día (08:00am a 09:00am, 11:30 del medio día a 12:30 del medio día y de 18:00pm a 19:00pm) dos días hábiles y un día no hábil.

Se procedió a dividir en 2 grupos los puntos de aforo, para facilitar el trabajo en la recolección de datos de aforo en campo.

El primer grupo del punto 1 al 8 los días Lunes, miércoles y sábado.

El segundo grupo desde el punto 9 al 15 se aforo los días martes, jueves y domingo.

**Tabla 3.2 Puntos de Aforo**

LUNES-MIERCOLES-SABADO		MARTES-JUEVES-DOMINGO	
P1	Calle Sucre entre Calle Bolívar	P9	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Domingo Paz
P2	Calle Sucre entre Calle La Madrid	P10	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Ingavi
P3	Calle General Trigo entre Calle Ingavi	P11	Calle Juan Misael Saracho entre Calle 15 de Abril
P4	Calle General Trigo entre Calle 15 de Abril	P12	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Virginio Lema
P5	Calle General Trigo entre Calle Virginio Lema	P13	Calle Ballivián entre Calle Bolívar
P6	Calle Campero entre Calle Domingo Paz	P14	Calle Ballivián entre Calle Ingavi
P7	Calle Campero entre Calle Bolívar	P15	Calle Ballivián entre Calle La Madrid
P8	Calle Campero entre Calle 15 de Abril		

Fuente: Elaboración Propia

### **3.3.1 PARÁMETRO VELOCIDAD**

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.

La característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La velocidad de punto es la velocidad de un vehículo que pasa por un punto específico, se la realiza con la relación:

$$\text{VELOCIDAD} = \frac{\text{ESPACIO RECORRIDO}}{\text{TIEMPO UTILIZADO}}$$

El estudio de la velocidad de punto se la realiza para determinar la velocidad de los vehículos que circulan en un punto de intersección determinado, también se la denomina velocidad instantánea. Esta velocidad debe determinarse a flujo libre sin interrupciones por eso se toman distancias pequeñas.

#### **3.3.1.1 AFOROS DE VELOCIDAD DE PUNTO**

Para obtener un buen estudio de velocidades se procedió de la siguiente manera:

-La medición de velocidad de punto se utilizó un tramo para cada punto de aforo correspondiente, la distancia es de 25 metros que fue medida con una wincha y marcada con una tiza, es importante que el flujo sea libre sin obstáculos.

-El aforo de los tiempos se realizó con la ayuda del cronometro, los cuales permitieron el calculo de la velocidad de punto según la norma AASHTO,

-La velocidad se obtiene dividiendo la distancia de los 25m entre el tiempo que se tardó en recorrer esa distancia en segundos, por tramo se obtuvo 5 distancias para convertirlas en kilómetros por hora, el procedimiento se repitió por 4 semanas.

-Los aforos de la velocidad de punto se realizo en los mismos días y horas que se utilizó para aforos de volúmenes (08:00 a 09:00, 11:30 a 12:30 y de 18:00a 19:00) dos días hábiles y un día no hábil para cada punto en estudio.

-El aforo de los tiempos se realizó con la ayuda del cronometro, los cuales permitieron el calculo de la velocidad de punto según la norma AASHTO, iniciamos marcando con una

tiza la distancia de 25 metros en cada calle en estudio, para medir el tiempo en el que tarda cada vehículo en circular tal distancia, en nuestro estudio tomamos datos de 5 vehículos como se muestran en la siguiente tabla 3.3.

-Para el punto 1 Calle Sucre entre Calle Bolívar por semana se aforaron los respectivos tiempos para convertirlos en velocidad haciendo la relación de la distancia en estudio sobre el tiempo que tarda cada vehículo en circular dicha distancia, se realiza un promedio de velocidades por semana, para tener el promedio de 4 semanas por punto en estudio que se presentaran en el (anexo1).

### 3.3.1.2 RESULTADOS

**Tabla 3.3 Velocidad del Punto 1**

PUNTO 1: C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

AFORO DE TIEMPOS

1RA SEMANA

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

VELOCIDAD DE PUNTO			
DISTANCIA (m)	DATO	TIEMPO (seg.)	VELOCIDAD (km/h)
25	1	7,69	11,70
	2	7,62	11,81
	3	5,92	15,20
	4	5,55	16,22
	5	5,35	16,82
MEDIA		6,43	14,01

14,01 km/h

AFORO DE TIEMPOS

2DA SEMANA

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

VELOCIDAD DE PUNTO			
DISTANCIA (m)	DATO	TIEMPO (seg.)	VELOCIDAD (km/h)
25	1	5,62	16,01
	2	5,66	15,90
	3	6,02	14,95

	4	6,59	13,66	
	5	5,99	15,03	
<b>MEDIA</b>		<b>5,98</b>	<b>15,06</b>	<b>15,06 km/h</b>

AFORO DE TIEMPOS

3RA SEMANA

**PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR**

VELOCIDAD DE PUNTO				
DISTANCIA (m)	DATO	TIEMPO (seg.)	VELOCIDAD (km/h)	
25	1	5,78	15,57	
	2	5,69	15,82	
	3	5,26	17,11	
	4	6,01	14,98	
	5	5,97	15,08	
<b>MEDIA</b>		<b>5,74</b>	<b>15,67</b>	<b>15,67 km/h</b>

AFORO DE TIEMPOS

4TA SEMANA

**PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR**

VELOCIDAD DE PUNTO				
DISTANCIA (m)	DATO	TIEMPO (seg.)	VELOCIDAD (km/h)	
25	1	5,96	15,10	
	2	5,77	15,60	
	3	6,16	14,61	
	4	6,02	14,95	
	5	5,25	17,14	
<b>MEDIA</b>		<b>5,83</b>	<b>15,43</b>	<b>15,43 km/h</b>

Fuente: Elaboración Propia

Los aforos de velocidad en km/hora de cada punto de estudio se encuentran en el anexo 1. Finalmente se procedió a calcular el promedio de las velocidades de las 4 semanas de aforo y obtener la velocidad promedio total.

**Tabla 3.4 Velocidad Promedio Total**

PUNTO	UBICACIÓN	VELOCIDAD Km/ h				Promedio
		1ra Semana	2da Semana	3ra semana	4ta semana	
PUNTO1	Calle Sucre entre Calle Bolívar	14,01	15,06	15,67	15,43	15,04
PUNTO2	Calle Sucre entre Calle La Madrid	14,3	15,5	15,26	15,39	15,11
PUNTO3	Calle General Trigo entre Calle Ingavi	15,2	15,71	16,01	15,72	15,66
PUNTO4	Calle General Trigo entre Calle 15 de Abril	14,75	15,24	17,24	15,01	15,56
PUNTO5	Calle General Trigo entre Calle Virginio Lema	14,83	15,49	15,08	15,03	15,11
PUNTO6	Calle Campero entre Calle Domingo Paz	14,92	14,39	14,56	15,01	14,72
PUNTO7	Calle Campero entre Calle Bolívar	15,51	15,14	15,31	15,91	15,47
PUNTO8	Calle Campero entre Calle 15 de Abril	15,23	15,35	15,81	15,31	15,43
PUNTO9	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Domingo Paz	17,48	17,58	17,31	17,56	17,48
PUNTO10	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Ingavi	19,83	19,98	20,2	19,96	19,99
PUNTO11	Calle Juan Misael Saracho entre Calle 15 de Abril	19,65	19,68	19,69	19,75	19,69
PUNTO12	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Virginio Lema	19,97	19,98	19,88	19,91	19,94
PUNTO13	Calle Ballivián entre Calle Bolívar	19,84	19,72	19,99	19,93	19,87
PUNTO14	Calle Ballivián entre Calle Ingavi	20,22	20,08	20,01	20,37	20,17
PUNTO15	Calle Ballivián entre Calle La Madrid	20,02	20,2	20,22	20,29	20,18
					<b>PROMEDIO</b>	<b>17,29</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2 PARÁMETRO VOLUMEN

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección de una calle en un periodo de tiempo determinado de un día, este tiempo puede ser horario o diario.

El TPH es la cantidad de vehículos que circulan por un calle o carretera en un espacio de tiempo determinado de una hora, con esta cantidad de vehículos se puede identificar como varían los volúmenes que se producen en cada hora a lo largo del día para posteriormente obtener las horas de mayor demanda.

El TPD es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido en un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor de un año, normalmente en proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc.

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

### 3.3.2.1 AFORO DE VOLUMEN

El aforo de volúmenes de tráfico se realizó a través de la metodología AASHTO, con el objetivo de conocer las horas de máxima demanda es decir las horas pico, el aforo de volumen de tráfico vehicular se realiza en estas horas pico donde se espera que los datos sean los más críticos del día.

Para el aforo de volumen se utilizó el recuento manual, estos datos obtenidos que se refieren a la cantidad de vehículos que circulan en la hora pico, actualmente se realiza para proyectos específicos de corta duración.

Los aforos de volúmenes se realizaron en las 3 horas pico del día durante 4 semanas, tres veces a la semana, dos días hábiles y uno no hábil, se clasificó los vehículos en livianos, medianos y pesado estos a su vez se subdividieron en público y privado tomando en cuenta las maniobras que realiza si su recorrido era de frente o procedía a realizar un giro derecho o izquierdo como se muestra en la tabla 3.5.

El procedimiento se realizó en el mes de septiembre, para facilitar el estudio se decidió dividir los 15 puntos en estudio en 2 grupos, el primer grupo desde el punto 1 al 8 los días Lunes, miércoles y sábado, el segundo grupo desde el punto 9 al 15, se aforo los días martes, jueves y domingo como se muestra en la tabla 3.2.

Los instrumentos que se usaron para obtener estos datos fueron:

- Planilla de aforo para registrar todos los datos de campo
- Cámara fotográfica para plasmar en el proyecto las características del área en estudio
- Computadora para procesar todos los datos recopilados en campo.

### 3.3.2.2 RESULTADOS

**Tabla 3.5 Aforo de Volumen**

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR		DIA: LUNES		1ra SEMANA										
HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	236	32	216	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
11:30-12:30	292	32	232	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	608
18:00-19:00	300	53	352	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	777

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: MIERCOLES

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	240	31	210	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	492
11:30-12:30	289	33	238	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	609
18:00-19:00	305	42	248	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	665

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: SABADO

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	190	30	180	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	405
11:30-12:30	202	28	135	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	390
18:00-19:00	136	25	139	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	340

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: LUNES

2da SEMANA

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	230	30	210	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	484
11:30-12:30	291	30	212	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	575
18:00-19:00	290	48	223	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	623

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: MIERCOLES

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	240	30	205	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	486
11:30-12:30	285	32	233	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	595
18:00-19:00	303	39	245	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	652

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: SABADO

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	180	28	165	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	378
11:30-12:30	192	26	125	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	363
18:00-19:00	126	21	130	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: LUNES

3ra SEMANA

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	231	30	210	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483
11:30-12:30	292	30	212	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576
18:00-19:00	291	48	223	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	624

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: MIERCOLES

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	239	30	205	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	484
11:30-12:30	284	32	233	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	594
18:00-19:00	302	39	245	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	651

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: SABADO

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	175	28	160	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368
11:30-12:30	190	26	120	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	356
18:00-19:00	122	21	119	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: LUNES

4 ta SEMANA

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	235	30	215	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	492
11:30-12:30	290	30	230	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	595
18:00-19:00	295	48	299	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	708

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: MIERCOLES

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	240	30	207	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	487
11:30-12:30	284	32	235	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	596
18:00-19:00	300	39	246	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR

DIA: SÁBADO

HORA	VEHICULO LIVIANO				VEHICULO MEDIANO				VEHICULO PESADO				TOTAL	
	PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO		PUBLICO		PRIVADO			
	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER	FRENTE	GIRO DER		
8:00-9:00	185	29	189	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	407
11:30-12:30	200	27	134	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	385
18:00-19:00	133	24	138	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334

Fuente: Elaboración propia

Los aforos realizados en los demas puntos de interseccion se encuentran en el anexo2.

El resumen de aforo del punto 1 muestra la cantidad de vehículos que ingresan a la calle Sucre en las 3 horas pico del día en los 2 días hábil y 1 no hábil, obteniendo 9 datos por semana y 36 datos finales durante las 4 semanas en estudio.

**Tabla 3.6 Resumen del Aforo de Volumen del Punto1**

PUNTO 1		C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR										
1RA SEMANA			2DA SEMANA			3RA SEMANA			4TA SEMANA			
HORA	LUNES	MIERCOL	SABADO	LUNES	MIERCOL	SABADO	LUNES	MIERCOLE	SABADO	LUNES	MIERCOLE	SABADO
8:00-9:00	500	492	405	484	486	378	483	484	368	492	487	407
11:30-12:30	608	609	390	575	595	363	576	594	356	595	596	385
18:00-19:00	777	665	340	623	652	308	624	651	293	708	650	334

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla resumen de volúmenes finales de cada punto en estudio.

**Tabla 3.7 Resumen Volúmenes Finales**

PUNTO	UBICACIÓN	VOLUMEN	
PUNTO1	Calle Sucre entre Calle Bolívar	509	Veh/hora
PUNTO2	Calle Sucre entre Calle La Madrid	466	Veh/hora
PUNTO3	Calle General Trigo entre Calle Ingavi	212	Veh/hora
PUNTO4	Calle General Trigo entre Calle 15 de Abril	492	Veh/hora
PUNTO5	Calle General Trigo entre Calle Virginio Lema	319	Veh/hora
PUNTO6	Calle Campero entre Calle Domingo Paz	276	Veh/hora
PUNTO7	Calle Campero entre Calle Bolívar	418	Veh/hora
PUNTO8	Calle Campero entre Calle 15 de Abril	261	Veh/hora
PUNTO9	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Domingo Paz	172	Veh/hora
PUNTO10	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Ingavi	154	Veh/hora
PUNTO11	Calle Juan Misael Saracho entre Calle 15 de Abril	187	Veh/hora
PUNTO 12	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Virginio Lema	209	Veh/hora
PUNTO13	Calle Ballivián entre Calle Bolívar	263	Veh/hora
PUNTO14	Calle Ballivián entre Calle Ingavi	256	Veh/hora
PUNTO15	Calle Ballivián entre Calle La Madrid	290	Veh/hora

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 DEPURACIÓN DE VOLÚMENES

El proceso de datos finales de las 4 semanas de aforo de volúmenes para calcular el TPH de los 15 puntos en estudio se realizó según la norma AASTHO, los mismos que serán evaluados estadísticamente para reducir el error en la misma .

Se realiza la depuración de datos después de tener los datos de volumen vehicular, obteniendo la media aritmética, desviación estándar para proceder a la depuración de datos dispersos.

Media aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

$x$  = Valor de observación

$N$  = Numero de datos

Desviación estándar

La desviación estándar nos ayudara a ver qué tan dispersos están nuestros datos de aforos obtenidos, para identificar los valores que salgan del rango permitido.

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

Donde:

$S$  = Desviación estándar

$X_i$  = Valor de observación

$\bar{x}$  = Media aritmética

$N$  = Numero de datos

Se tomo en cuenta como limite superior la siguiente expresión

$$s + \bar{x}$$

Como límite inferior se tomó la siguiente expresión

$$s - \bar{x}$$

Los datos que se encuentren fuera de nuestros límites establecidos serán depurados y se obtendrá un volumen final del acceso con los datos que se encuentren dentro de nuestro

rango calculado para obtener finalmente datos más confiables, como se muestra en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8 Depuración de volúmenes de tráfico P1**

PUNTO 1 C/ SUCRE ENTRE INGAVI Y BOLIVAR									
	8:00-9:00			11:30-12:30			18:00-19:00		
	LUNES	MIERCOLES	SABADO	LUNES	MIERCOLES	SABADO	LUNES	MIERCOLES	SABADO
Semana 1	500	492	405	608	609	390	777	665	340
Semana 2	484	486	378	575	595	363	623	652	308
Semana 3	483	484	368	576	594	356	624	651	293
Semana 4	492	487	407	595	596	385	708	650	334
MEDIA	490	487	390	589	599	374	683	655	319
DESV.	8	3	20	16	7	17	74	7	22
Med+ Desv.	498	491	409	604	606	390	757	662	341
Med- Desv.	482	484	370	573	591	357	609	647	297
Med. Depurada	486	487	397	582	595	374	652	651	327

Fuente: Elaboración propia

Las tablas de depuración de volúmenes de tráfico se presentarán en los Anexo 3.

### 3.3.3.1 RESULTADOS

**Tabla 3.9 Resumen Volúmenes Finales Depurados**

PUNTO	UBICACIÓN	VOLUMEN	
PUNTO1	Calle Sucre entre Calle Bolívar	506	Veh/hora
PUNTO2	Calle Sucre entre Calle La Madrid	461	Veh/hora
PUNTO3	Calle General Trigo entre Calle Ingavi	210	Veh/hora
PUNTO4	Calle General Trigo entre Calle 15 de Abril	490	Veh/hora
PUNTO5	Calle General Trigo entre Calle Virginio Lema	317	Veh/hora
PUNTO6	Calle Campero entre Calle Domingo Paz	278	Veh/hora
PUNTO7	Calle Campero entre Calle Bolívar	418	Veh/hora
PUNTO8	Calle Campero entre Calle 15 de Abril	260	Veh/hora
PUNTO9	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Domingo Paz	172	Veh/hora
PUNTO10	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Ingavi	153	Veh/hora
PUNTO11	Calle Juan Misael Saracho entre Calle 15 de Abril	185	Veh/hora
PUNTO 12	Calle Juan Misael Saracho entre Calle Virginio Lema	210	Veh/hora
PUNTO13	Calle Ballivián entre Calle Bolívar	270	Veh/hora
PUNTO14	Calle Ballivián entre Calle Ingavi	256	Veh/hora
PUNTO15	Calle Ballivián entre Calle La Madrid	289	Veh/hora

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 ESTACIONAMIENTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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. 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 por Actividades: comerciales, laborables, de negocios y 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.

#### 3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE ESTACIONAMIENTO

La oferta de estacionamiento está dada por la relación

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

El número de casillas se obtendrá a través de un levantamiento de la zona de estudio previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento. El levantamiento consiste en determinar la longitud de las cuerdas en la zona de estudio y a partir de ellas determinar las longitudes útiles.

#### **Oferta de Estacionamiento**

La oferta de estacionamientos se debe medir la longitud de cada calle en estudio donde se ocupe el cordón para estacionar.

El índice de ocupación es el No de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora. Este índice de ocupación se determina a través de un aforamiento en la zona de estudio para lo cual se hace un registro de las placas de los vehículos estacionados cada 15 minutos.

Los resultados de la necesidad de estacionamiento en una zona de estudio se obtendrán a partir de una relación entre la oferta y la demanda.

### **Demanda por calle**

La demanda por calle se analizó en las vías descritas, en ellas se podrá observar el comportamiento de cada una de estas y nos mostraran las zonas que presentan más conflicto respecto a otras, el análisis se realiza en las horas pico.

### **DETERMINACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA DE ESTACIONAMIENTOS**

#### **PUNTO 1 - Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolívar**

No presenta Estacionamiento

#### **PUNTO 2 - Calle Sucre entre 15 de Abril y La Madrid**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

L tramo = 68.79 m

L casilla = 6 m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

I = 1 Índice de ocupación

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{68.79}{6} - 2 \right) = 9.46 = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = 9 \text{ casillas}$$

#### **DEMANDA**

**Tabla 3.10 Inventario de Placas Punto 2**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-9:00	Número de Vehículos en 1 hora
4414 ZAT	4414 ZAT	4414 ZAT	11
3009EEG	3009EEG		
3024XPM	5210LAN	5210LAN	
	3039BCR	384KAU	
196DAT	1132PDA		
301XPP	6298XFB	853PPF	

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{11}{9} = 1$$

$$\text{DEMANDA} = \text{No de veh. Estacionados} * I \text{ ocupación} = 1 * 11 = \mathbf{11 \text{ casillas}}$$

### **PUNTO 3 Calle General Trigo entre Ingavi y Bolívar**

No presenta estacionamiento

### **PUNTO 4 Calle General Trigo entre 15 de Abril y la Madrid**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 68.58 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{68.58}{6} - 2 \right) = 9.43 = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 8 * 1 = \mathbf{8 \text{ casillas}}$$

#### **DEMANDA**

**Tabla 3.11 Inventario de Placas Punto 4**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
3099UDO	3099UDO		14
2996PNS	2996PNS	2996PNS	
2008NBB		3448XRS	
3211POS	1020HYU		
	707PRH	396SIF	
230SRK	5368AUB		
5345GHH	4210XRG	5698CCB	
		3930CRD	

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{14}{9} = 1.55 = 1$$

$$\text{DEMANDA} = \text{No de veh. Estacionados} * I \text{ ocupación} = 1 * 14 = \mathbf{14 \text{ casillas}}$$

### **PUNTO 5- Calle General Trigo entre 15 de Abril y Virginio Lema**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 75.82 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{75.82}{6} - 2 \right) = 10.64 = 11 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 2 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = \mathbf{9 \text{ casillas}}$$

#### **DEMANDA**

**Tabla 3.12 Inventario de Placas Punto 5**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
5222UFH	5698CCB		10
2180ZCH	9160IDN		
	2150BMM	2800ADU	
541DEH	2921LDL		
7896TYU		2346KLD	

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{10}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = \text{Nro. Veh estacionados} * I \text{ ocupación}$$

$$\text{Demanda} = 10 * 1 = 10 \text{ casillas}$$

**PUNTO 6 - Calle Campero entre Bolívar y entre Domingo Paz**

**OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 75.87 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{75.87}{6} - 2 \right) = 12.64 = 12 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 1$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 11 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 11 * 1 = 11 \text{ casillas}$$

**DEMANDA**

**Tabla 3.13 Inventario de Placas Punto 6**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
3331ATX	3331ATX	3331ATX	13
3598BLT	3598BLT		
437DRK		1014BYX	
301PPX	853POF		
5284GKN		4225PFE	
4556XKA	3101COP	2558FPE	
1319THG	1319THG	5998SHZ	

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{13}{11} = 1$$

**Demanda = 13 \* 1 = 13 casillas**

**PUNTO 7 - Calle Campero entre Ingavi y Bolívar**

**OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

L tramo = 80.13 m

L casilla = 6 m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

I = 1 Índice de ocupación

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{80.13}{6} - 2 \right) = 11.35 = 11 \text{ casillas}$$

Restricción = 1

OFERTA DEL TRAMO = 10 casillas

OFERTA = (No de casillas \* Índice de ocupación) = 10 \* 1 = **10 casillas**

**DEMANDA**

**Tabla 3.14 Inventario de Placas Punto 7**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
3824RLL	3824RLL	1319IHF	11
5284GKN	4566NKA		
5023EKY	5023EKY	5023EKY	
1881ULX	5284YKN		
3598BLT		1925HCI	
798EUY	567ULV		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{11}{10} = 1$$

$$\text{Demanda} = \text{Nro. Veh estacionados} * I \text{ ocupación}$$

$$\text{Demanda} = 11 * 1 = 11 \text{ casillas}$$

### **PUNTO 8 - Calle Campero entre Virginio Lema y 15 de Abril**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

L tramo = 76.88 m

L casilla = 6 m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

I = 1 Índice de ocupación

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{76.88}{6} - 2 \right) = 10.81 = 11 \text{ casillas}$$

Restricción = 2 casillas

OFERTA DEL TRAMO = 9 casillas

OFERTA = (No de casillas \* Índice de ocupación) = 9 \* 1 = **9 casillas**

#### **DEMANDA**

Calle Campero entre 15 de Abril y Virginio Lema

**Tabla 3.15 Inventario de Placas Punto 8**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
196FGY	196FGY	196FGY	13
2133SCK	2133SCK		
4679CHL		2677FPU	
303YXK	1297GGS		
1985UFA	2331NCH		
2286KJK		4821TFD	

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
4285IYY	4285IYY	4285IYY	
4088XBT	4088XBT	4088XBT	
2552YHK			

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{13}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 13 * 1 = 13 \text{ casillas}$$

### **PUNTO 9 - Calle Juan Misael Saracho entre Domingo Paz y Bolívar**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 73.71 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{73.71}{6} - 2 \right) = 10.28 = 10 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 1 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = 9 \text{ casillas}$$

#### **DEMANDA**

**Tabla 3.16 Inventario de Placas Punto 9**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
3062APD	3062APD		
	852HYN	2047OGD	
1710THJ	4523XDI		
2856FHJ			
1242FRK	1242FRK		

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
2234FGI	2199BBV		
		2656OUY	
3524MBN		2597HDG	
	5693JDP		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{13}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 13 * 1 = 13 \text{ casillas}$$

### **PUNTO 10 - Calle Juan Misael Saracho entre Bolívar e Ingavi**

#### **OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 74.38 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{74.38}{6} - 2 \right) = 10.39 = 10 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 10 * 1 = 10 \text{ casillas}$$

#### **DEMANDA**

**Tabla 3.17 Inventario de Placas Punto 10**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
2558ZYB			14
7984LKF	7984LKF	7984LKF	

	1053GSB	1053GSB	
4301EER			
2344ERT	1558NUY		
	2345TFR	2004NNF	
2181CSS		1774UHY	
2262EIK		2114TTM	
1019RZL	1019RZL		
	4575UCP		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{14}{10} = 1$$

$$\text{Demanda} = 14 * 1 = 14 \text{ casillas}$$

**PUNTO 11 - Calle Juan Misael Saracho entre La Madrid y 15 de Abril**

**OFERTA**

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 74.33 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{74.33}{6} - 2 \right) = 10.38 = 10 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 1 \text{ casilla}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = 9 \text{ casillas}$$

## DEMANDA

**Tabla 3.18 Inventario de Placas Punto 11**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
789EEF			10
5284HXX	5284HXX		
2197CID			
		985PBB	
5185SBY	3433BRI		
4465LPC			
2328ISC		2011YBB	
	1225NAP		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{10}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 10 * 1 = \mathbf{10 \text{ casillas}}$$

### **PUNTO 12 - Calle Juan Misael Saracho entre 15 de Abril y Virginio Lema**

#### OFERTA

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 72.95\text{m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{72.95}{6} - 2 \right) = 10.15 = 10 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 1 \text{ casilla}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = \mathbf{9 \text{ casillas}}$$

## DEMANDA

**Tabla 3.19 Inventario de Placas Punto 12**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
1887PIU	1887PIU		12
	2577GUK	4778KNM	
1489KBT	2381IHT		
	4090IYG	4090IYG	
1869POG		6632ASC	
5549SWH	549SWH	549SWH	
3412PRS	1195LOM		
4786IED	4786IED		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{12}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 12 * 1 = \mathbf{12 \text{ casillas}}$$

### **PUNTO 13 - Calle Ballivián entre Ingavi y Bolívar**

#### OFERTA

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 77.31 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{77.31}{6} - 2 \right) = 10.88 = 11 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 2 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = \mathbf{9 \text{ casillas}}$$

## DEMANDA

**Tabla 3.20 Inventario de Placas Punto 13**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
5200EGS	2301FRT		12
04CC.12	04CC.12	04CC.12	
		1900CBG	
4995IHY	4995IHY	1581CCM	
5587OIK	5587OIK	5587OIK	
2124RYF	1201SSX	1109EER	
9021YYR	4031PYD		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{N \text{ de placas}}{N \text{ de casillas}}$$

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{12}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 12 * 1 = 12 \text{ casillas}$$

### **PUNTO 14 - Calle Ballivián entre La Madrid e Ingavi**

#### OFERTA

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 79.16 \text{ m}$$

$$L \text{ casilla} = 6 \text{ m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)}$$

$$I = 1 \text{ Índice de ocupación}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L \text{ tramo}}{L \text{ casilla}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{79.16}{6} - 2 \right) = 11.19 = 11 \text{ casillas}$$

$$\text{Restricción} = 2 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = 9 \text{ casillas}$$

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = 9 \text{ casillas}$$

## DEMANDA

**Tabla 3.21 Inventario de Placas Punto 14**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
1775IHY	2558XHT		11
8896XXS	1574LLK	2314LÑH	
	2218KXT	2218KXT	
4809CKL		5611OOP	
4781ZSR	4781ZSR	4781ZSR	
1447WSD	5249NAH		

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{11}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 11 * 1 = \mathbf{11 \text{ casillas}}$$

### **PUNTO 15 - Calle Ballivián entre 15 de Abril y La Madrid**

#### OFERTA

$$\text{Oferta} = \text{No de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

DATOS:

$$L \text{ tramo} = 71.72 \text{ m}$$

L casilla = 6 m Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

I = 1 Índice de ocupación

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} - 2 \right)$$

$$\text{OFERTA DEL TRAMO} = \left( \frac{71.72}{6} - 2 \right) = 9.95 = 10 \text{ casillas}$$

Restricción = 1 casilla

OFERTA DEL TRAMO = 9 casillas

$$\text{OFERTA} = (\text{No de casillas} * \text{Índice de ocupación}) = 9 * 1 = \mathbf{9 \text{ casillas}}$$

## DEMANDA

**Tabla 3.22 Inventario de Placas Punto 15**

08:00-08:20	08:20-08:40	08:40-09:00	Número de Vehículos en 1 hora
8554RSC	2150BMM		12
1909RZL	1909RZL	1909RZL	
4468HYU	2516ZHB		
1469FGJ	3087LAL	3087LAL	
2523XDS			
1244KOL	1202NCV		
1549YHT		508JUU	

Fuente: Elaboración Propia

$$I \text{ ocupación demanda} = \frac{12}{9} = 1$$

$$\text{Demanda} = 12 * 1 = 12 \text{ casillas}$$

Cuando la demanda excede el número de espacios disponibles para estacionar hay un problema. Es necesario contar con un mecanismo para asignar los espacios disponibles entre los usuarios que los desean. El mecanismo actual lo podríamos describir como uno en el que el primero que llega, estaciona. Este sistema hace que existan autos que están girando en busca de lugar para estacionar aumentando el tráfico.

**Tabla 3.23 Resumen de Oferta y Demanda de estacionamientos**

Calle	Oferta	Demanda
Sucre entre Domingo Paz y Bolívar	0	0
Sucre entre 15 de Abril y La Madrid	9	11
General Trigo entre Ingavi y Bolívar	0	0
General Trigo entre 15 de Abril y la Madrid	8	10
General Trigo entre 15 de Abril y Virginio Lema	9	8
Campero entre Bolívar y entre Domingo Paz	11	11
Campero entre Ingavi y Bolívar	10	11
Campero entre Virginio Lema y 15 de Abril	9	13
Juan Misael Saracho entre Domingo Paz y Bolívar	9	12
Juan Misael Saracho entre Bolívar e Ingavi	10	14

Calle	Oferta	Demanda
Juan Misael Saracho entre La Madrid y 15 de Abril	9	10
Juan Misael Saracho entre 15 de Abril y Virgino Lema	9	12
Ballivián entre Ingavi y Bolívar	9	12
Ballivián entre La Madrid e Ingavi	8	11
Ballivián entre 15 de Abril y La Madrid	9	12

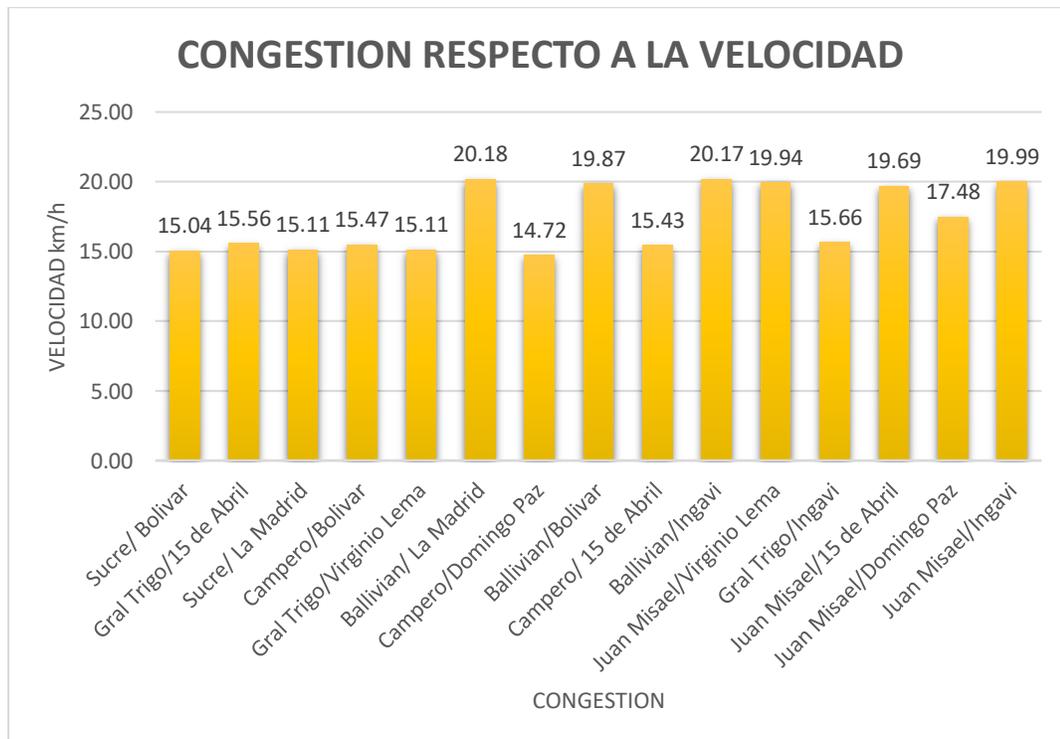
Fuente: Elaboración propia

### 3.5 CONGESTIONAMIENTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.5.1 Congestionamiento por velocidad de circulación

El crecimiento de la población a través del tiempo es un factor que tiene como consecuencia el incremento del parque automotor en la ciudad de Tarija, en la figura se observa el comportamiento de la velocidad en las horas pico en el centro de la ciudad.

Figura 3.20 Congestión respecto a la velocidad



Fuente: Elaboración Propia

En la figura se observa la velocidad promedio de circulación de los 15 puntos de estudio es de 17.48 km/h.

En las calles Sucre, General Trigo, Campero se observa que las velocidades son menores al promedio, debido a varios factores como ser: la calle está limitada para la circulación de un solo vehículo, estacionamiento en lugares no permitidos que provocan congestión disminuyendo la capacidad de circulación y provocando mayor congestión vehicular en el centro de la ciudad.

Se puede apreciar que la velocidad es menor a comparación de otras calles en estudio, esto es provocado generalmente por la circulación de micros y vehículos que ocupan gran parte del ancho de la vía limitando la libre circulación, otro factor destacable del centro de la ciudad es que en estas calles están ubicados bancos, colegios, oficinas, museos, La Plaza Luis de Fuentes entre otros lugares concurridos que disminuyen la velocidad de circulación vehicular.

En la calle Sucre se observa velocidades de circulación de 15.11 km/h y 15.04 km/h menores al promedio, en ellas se puede confirmar que existe dificultad para circular sin congestión.

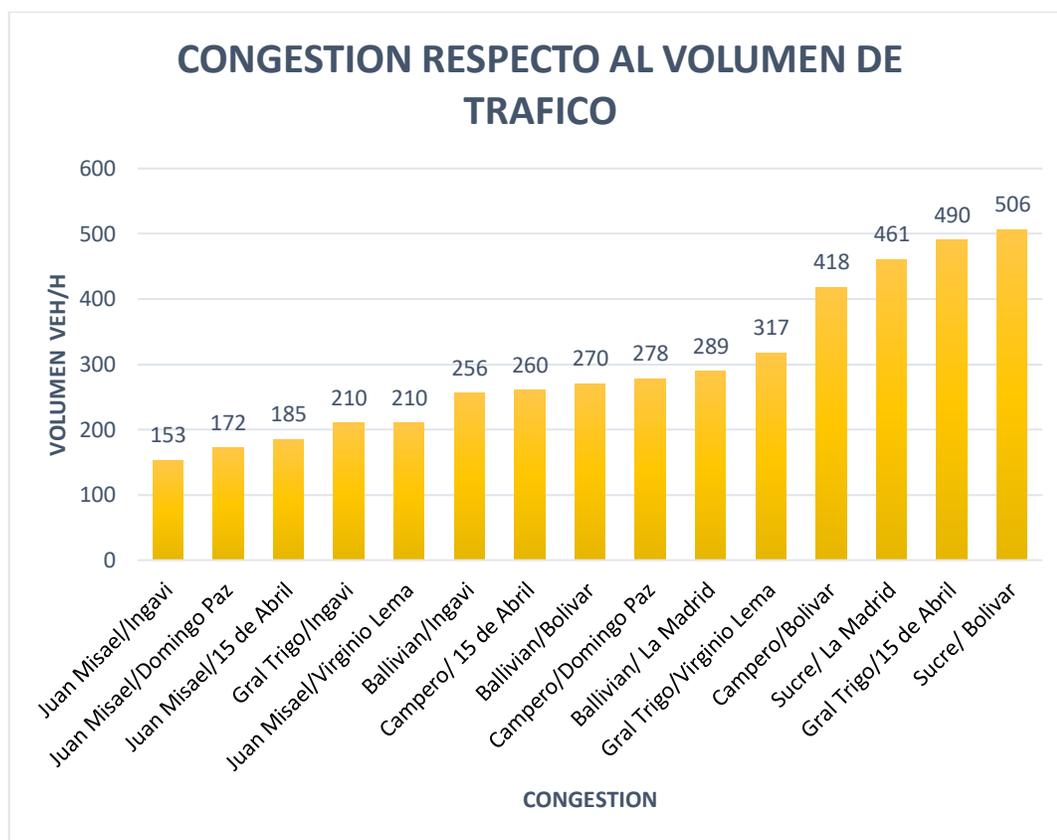
En la calle General Trigo se observa velocidades de 15.11 km/h, 15.56 km/h y 15.66 km/h que generan atascamiento continuo debido a la ubicación de varias entidades financieras, plaza sucre, entre otros factores que dificultan transitar con fluidez.

En las calles Ballivián y Juan Misael Saracho se registra velocidades mayores al promedio, debido a que no cuenta con mucha presencia de semáforos y el ancho de la vía de circulación es de mayor capacidad a comparación que las del centro de la ciudad, otro factor importante es que en estas calles no están ubicados bancos, ni colegios, tampoco el ingreso masivo de micros, este factor permite tener velocidades más altas sin congestión.

### **3.5.2 Congestionamiento por volumen de circulación**

La relación volumen de circulación y congestión vehicular depende de la cantidad de vehículos que circulan en el centro de la ciudad de Tarija cuando estos superan la capacidad de circulación.

**Figura 3.21 Congestión respecto al volumen de tráfico**



Fuente: Elaboración Propia

En las calles Ballivián tiene un volumen de 256 veh/hora hasta 289 veh/h en la calle Juan Misael Saracho se analiza un volumen desde 153 veh/h hasta 210 veh/h, se observa que existe menor volumen de vehículos por lo tanto menor congestión vehicular.

El aumento en el volumen de circulación en las calles Campero, General Trigo y Sucre se debe a varios factores como el crecimiento de la población, la falta de infraestructura vial adecuada, este factor es determinante en la congestión vehicular.

La calle Campero presenta volúmenes de 260, 278 y 418 veh/h valores significativos que expresan dificultad para realizar el desplazamiento libre.

La calle General Trigo presenta un volumen de vehículos con 490 veh/h y 317veh/h es decir a medida que aumenta el transito aumenta la congestión.

La calle Sucre presenta 506 veh/h y 461veh/h medida que afecta al tránsito vehicular ya que es una de las calles que está limitada no solo ancho de carril sino también por la

ubicación de entidades financieras que afectan directamente a la libre circulación vehicular.

La congestión en centro de la ciudad de Tarija trae como consecuencia el retraso en el tiempo de circulación, incremento en accidentes, alto consumo de combustible, contaminación ambiental.

### 3.5.3 Congestionamiento por presencia de Estacionamiento

El estacionamiento de vehículos en el centro de la ciudad de Tarija es uno de los principales factores negativos que provocan la congestión vehicular, altera la libre circulación por motivos laborales, se observa en la figura que a mayor demanda de estacionamiento mayor es la congestión vehicular.

**Figura 3.22 Congestión respecto al estacionamiento**



Fuente: Elaboración Propia

La demanda de estacionamiento en toda el área de estudio del centro de la ciudad de Tarija es de 147 espacios para estacionar, la cual se presenta en las horas pico de estudio.

La oferta de estacionamiento de 119 espacios individuales, es la cantidad de espacios libres disponibles para estacionar en el centro de la ciudad expresados en la hora pico.

Uno de los factores más comunes que producen demanda de estacionamiento son los comercios, bancos, colegios que crean la necesidad de estacionamientos en horas pico. El problema de congestión se presenta en las calles Sucre, General Trigo y Campero es causado por el estacionamiento desmedido y la falta de planificación de sectores específicos para estacionamiento por parte de la Secretaria de Movilidad Urbana. A los aspectos anteriores se suma la falta de educación vial de la población en general.

### **3.6 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS EN CONGESTIÓN**

Se analizará los efectos que provocan los parámetros Volumen, velocidad, estacionamiento, mediante el análisis de los gráficos velocidad/volumen, velocidad/estacionamiento y volumen/velocidad y semaforización en el congestiónamiento

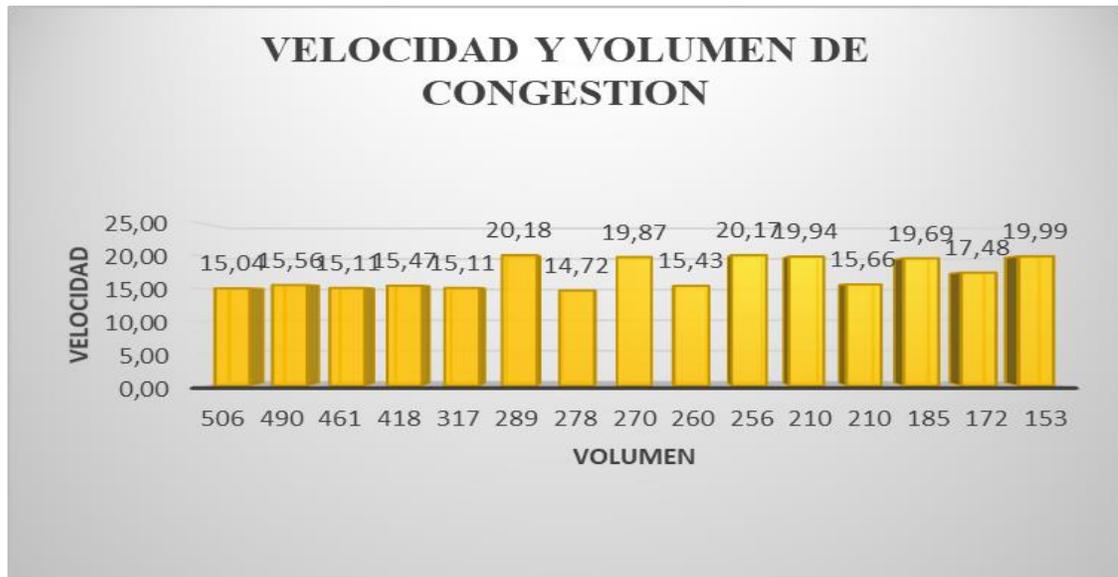
#### **3.6.1 Velocidad y volumen en congestión**

La velocidad es el espacio que recorre un vehículo en un determinado tiempo, depende de las características del vehículo, de la vía y del volumen de vehículos que se encuentran circulando.

A grandes velocidades mayor volumen de vehículos en circulación en el centro de la ciudad, como se observa en la figura, en la calle Ballivián entre La Madrid circulan 289 vehículos con una velocidad de 20.18 km/hora, calle Ballivián entre Bolívar ingresan 270 vehículos con una velocidad de 19.87 km/hora, en la calle Ballivián entre Ingavi ingresan 256 vehículos con su respectiva velocidad de 20.17 km/hora, estas calles están libres de congestión en las horas pico ya que es una calle que presenta un flujo estable.

En comparación de la calle Juan Misael Saracho entre Virginio Lema donde circulan 210vehiculos con una velocidad de 19.94 km/hora, Juan Misael Saracho entre 15 de Abril donde 185 vehículos ingresan con una velocidad de 19.69 km/ hora, calle Juan Misael Saracho entre Domingo Paz donde ingresan 172 vehículos con una velocidad de 17.48 km/hora y la calle Juan Misael Saracho entre Ingavi donde ingresan 153 vehículos con una velocidad de 19.99 km/hora.

**Figura 3.23 Velocidad y Volumen en congestión**



Fuente: Elaboración Propia

Se ha podido observar que las calles de mayor atascamiento son sobre todo en las vías de ingreso al centro de la ciudad, ya que en este sector se encuentran Entidades Públicas, Comercios, Bancos, Colegios, donde la población desempeña diferentes actividades y está en constante movimiento.

La calle Sucre presenta un volumen de 506 y 461 vehículos /hora con una velocidad baja de 15.04 y 15.11 km/hora mostrando que el problema de congestión radica en la cantidad de vehículos que ingresan a esta calle, debido a que está instalado al mercado y también se encuentran oficinas de entidades públicas.

La calle General Trigo presenta 490 veh/hora con una velocidad de 15.56 km/ hora, 317veh/hora con una velocidad de 15.11 km/ hora, 210 veh/hora con una velocidad de 15.66 km/ hora, es otra calle que tiene limitado la circulación libre, observando la relación que existe entre mayor volumen vehicular menor será la velocidad.

La calle Campero también presenta alrededor de 418 veh/hora con una velocidad de 15.47 km/h, calle Campero entre Domingo Paz presenta 278 veh/hora con una velocidad de 14.72 km/h y la calle Campero entre 15 de Abril presenta 260 veh/hora con una velocidad de 15.43 km/h el ingreso de vehículos a esta calle es variado, la velocidad se mantiene

aproximadamente similar, esto afecta al usuario del vehículo que se ve limitado en el parámetro velocidad por la saturación de vehículos en horas pico.

### 3.6.1 Velocidad y estacionamiento

La velocidad depende también de otro factor importante llamado estacionamiento que dependen de las características geométrica de la vía, la cual reduce significativamente la velocidad del automóvil aumentando su saturación.

**Figura 3.24 Velocidad y estacionamiento**



Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra las velocidades máximas en relación a la demanda de espacios para estacionamiento. Mientras menos espacios de estacionamiento estén ocupados mayor será la velocidad de circulación.

Las velocidades más altas están presentes en la calle Ballivián entre La Madrid con un velocidad de 20.18 km/ h la cual presenta una demanda de estacionamiento de 12 espacios , la calle Ballivián entre Ingavi muestra una velocidad de 24.04 km/ h con una demanda de 11 espacios para estacionar, esta calle presenta un tráfico estable con velocidades mayores ala promedio pero tiene demanda de estacionamiento debido a que se encuentra ubicado algunas clínicas como Prosalud que generan congestionamiento como también otras instituciones.

En la calle Juan Misael Saracho entre Ingavi se observa una velocidad de 19.99 km/hora con una demanda de 14 espacios para estacionar, la calle Juan Misael Saracho entre Virginio Lema presenta una velocidad 19.94 km/hora con una demanda de 12 espacios para estacionamiento, la calle Juan Misael Saracho entre 15 de Abril presenta una velocidad 19.69 km/hora con una demanda de 10 espacios para estacionar y finalmente la calle Juan Misael Saracho entre Domingo Paz presenta una velocidad de 17.48 km/hora con una demanda de 13 espacio estas calles se ven afectadas por colegios y guarderías que requieren de más estacionamientos.

En comparación con las Sucre, General Trigo y Campero que tienen velocidades debajo de la promedio 17.29 km/h estas calles presentan gran demanda de estacionamiento debido a que algunas no se permiten estacionar por el diseño y prohibición de las mismas, también se ven afectadas por la ubicación de bancos (Bisa, Mercantil Santa Cruz), entidades públicas como el Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, Museo Nacional Paleontológico, la Catedral de San Bernardo de Tarija, la ubicación de todo lo mencionado provoca velocidades bajas y alta demanda de estacionamiento.

### 3.6.2 Volumen y estacionamiento

**Figura 3.25 Volumen y estacionamiento**



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran índices de ocupación de los estacionamientos se encuentran en un rango de 1 hr esto representa que un vehículo estará estacionado más de 1 hora debido a varios factores como ser el trabajo, ubicación de su vivienda, negocio.

La calle General Trigo entre 15 de Abril presenta 490 veh/h con una demanda de 10 espacios para estacionar y la calle General Trigo entre Virgilio Lema presenta un volumen de 317 vehículos con una demanda de 8 casillas para estacionar debido a que en estas calles se encuentran el banco Sol, banco Ganadero y banco Unión.

La calle Sucre entre Bolívar presenta un ingreso al de vehículos con 506 veh/ h este punto de estudio no presenta estacionamiento esto incrementa la demanda del mismo, la calle Sucre entre La Madrid presenta un volumen de 461 veh/h con una demanda de 11 espacios de estacionamiento.

En la calle Campero entre Bolívar ingresan 418veh/hora con una demanda de 11 espacios para estacionar, la calle Campero entre Domingo Paz ingresan 278 vehículos y presenta una demanda de 13 espacios, en la calle Campero entre 15 de Abril ingresan 260 vehículos con una demanda de 13 casillas para estacionar, debido a que se encuentran colegios, entidad pública SERECI, gimnasio entre otros negocios.

La calle Juan Misael Saracho presenta demanda de 14,13,12 y 10 espacios de estacionamientos debido a la ubicación del instituto Superior de Bellas Artes, oficina de Posgrado de la Universidad Católica Boliviana y la cooperativa Catedral de Tarija.

La calle Ballivián entre La Madrid presenta una demanda de 12 espacios, la calle Ballivián entre Bolívar presenta una demanda de 12 espacios y la Ballivián entre Ingavi presenta una demanda de 11 espacios para estacionar, debido a la ubicación del consulado Argentino, Prosalud el Molino y laboratorios de análisis clínico que requieren de estacionamientos.

### **3.6.3 Semaforización en el congestionamiento**

En la actualidad, el rápido aumento en el número de vehículos en circulación está ocasionando una significativa congestión del tráfico y un problema primordial en las ciudades urbanas.

Al realizar el aforo de tiempos de fase en rojo, amarillo y verde se puede observar los siguientes resultados:

**Tabla 3.6.3 Tiempos de fases**

Nº	Interseccion	Acceso "A"	TR (Seg.)	TA (Seg.)	TV (Seg.)
1	Sucre - Bolívar	Sucre	18	2	20
2	Sucre - La Madrid	Sucre	18	2	20
3	General Trigo - Ingavi	Sucre	18	2	20
4	General Trigo - 15 de Abril	General Trigo	18	2	20
5	General Trigo - Virg inio Lema	General Trigo	No presenta semáforo		
6	Campero - Domingo Paz	Campero	20	2	15
7	Campero - Bolivar	Campero	20	2	15
8	Campero- 15 de Abril	Campero	20	2	15
9	Juan Misael Saracho - Domingo Paz	Juan Misael Saracho	16	2	18
10	Juan Misael Saracho - Ingavi	Juan Misael Saracho	16	2	18
11	Juan Misael Saracho - 15 de Abril	Juan Misael Saracho	16	2	18
12	Juan Misael Saracho - Virg inio Lema	Juan Misael Saracho	No presenta semáforo		
13	Ballivian - Bolivar	Ballivian	No presenta semáforo		
14	Ballivian - Ingavi	Ballivian	No presenta semáforo		
15	Ballivian - La Madrid	Ballivian	No presenta semáforo		

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de TIEMPOS DE FASE ROJO Y VERDE

$$V_A * t_{amA} * T_{VB} - V_B * t_{amB} * T_{VA} = 0$$

Donde:

$T_{VA}$  = Tiempo de fase verde para el acceso A (seg)

$T_{VB}$  = Tiempo de fase verde para el acceso B (seg)

$V_A$  = Volumen de vehículos horario para el acceso A

$V_B$  = Volumen de vehículos horario para el acceso B

$t_{amA}$  = Tiempo de fase amarilla del acceso A

$t_{amB}$  = Tiempo de fase amarilla del acceso B

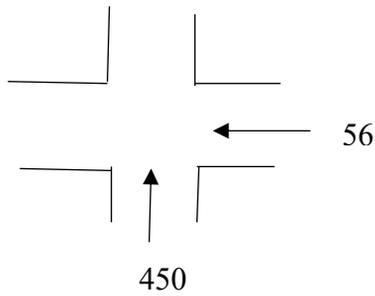
## PUNTO 1 CALLE SUCRE ENTRE BOLIVAR

### Datos:

Semáforo su ciclo es:  $C = 40$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida  $T_{am} (ida) = 2$  Seg.

Tiempo de amarillo retorno  $T_{am} (retorno) = 2$  Seg.



### PUNTO 1 CALLE SUCRE ENTRE BOLIVAR

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am} \text{ ida} + t_{am} \text{ retorno}$$

$$40 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{V_A * t_{am} \text{ ida}}{t_{verde}} = \frac{V_B * t_{am} \text{ retorno}}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{450 * 2}{t_{v verde}} = \frac{56 * 2}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{t_{v rojo}}{t_{v verde}} = \frac{112}{900}$$

$$t_{vrojo} - 0,12t_{v verde} = 0 \text{ Ecuacion (2)}$$

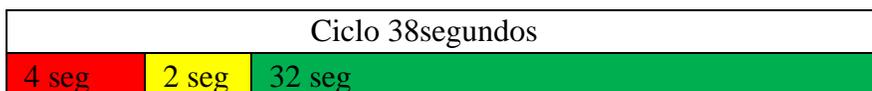
Hallando valores de  $t_{v rojo}$  y  $t_{v verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v verde} = 32$  segundos.

$T_{v rojo} = 4$  segundos.

<b>ROJO</b>	→		<b>4 segundos</b>
<b>AMARILLO</b>	→		<b>2 Segundos</b>
<b>VERDE</b>	→		<b>32 segundos</b>

**Sistema Nuevo**



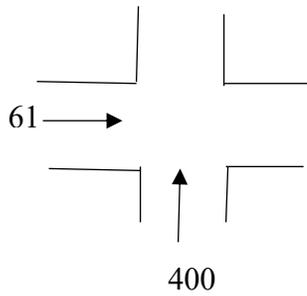
## PUNTO 2 CALLE SUCRE ENTRE LA MADRID

### Datos:

Semáforo su ciclo es:  $C = 40$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida  $T_{am} (ida) = 2$  Seg.

Tiempo de amarillo retorno  $T_{am} (retorno) = 2$  Seg.



### PUNTO 2 CALLE SUCRE ENTRE LA MADRID

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am\ ida} + t_{am\ retorno}$$

$$40 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \quad \text{Ecuacion (1)}$$

$$\frac{V_A * t_{am\ ida}}{t_{verde}} = \frac{V_B * t_{am\ retorno}}{t_{rojo}}$$

$$\frac{400 * 2}{t_{v\ verde}} = \frac{61 * 2}{t_{v\ rojo}}$$

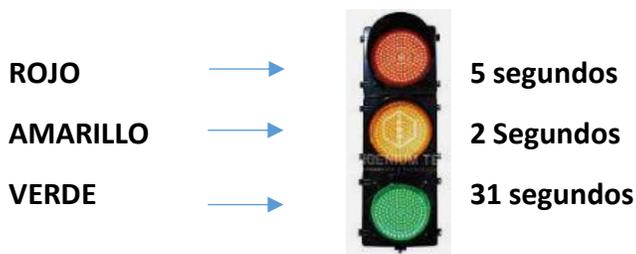
$$\frac{t_{v\ rojo}}{t_{v\ verde}} = \frac{122}{800}$$

$$t_{v\ rojo} - 0,15t_{v\ verde} = 0 \quad \text{Ecuacion (2)}$$

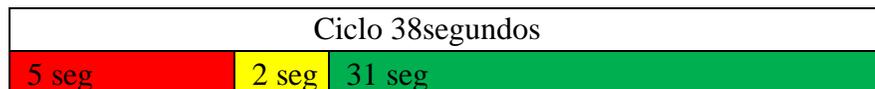
Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 31$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 5$  segundos.



Sistema Nuevo



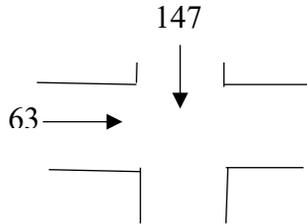
### PUNTO 3 CALLE GENERAL TRIGO ENTRE INGAVI

**Datos:**

Semáforo su ciclo es:  $C = 40$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida  $T_{am} (ida) = 2$  Seg.

Tiempo de amarillo retorno  $T_{am} (retorno) = 2$  Seg.



#### PUNTO 3 CALLE GENERAL TRIGO ENTRE INGAVI

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am\ ida} + t_{am\ retorno}$$

$$40 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \quad \text{Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * t_{am\ ida}}{t_{verde}} = \frac{VB * t_{am\ retorno}}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{147 * 2}{t_{v\ verde}} = \frac{63 * 2}{t_{vrojo}}$$

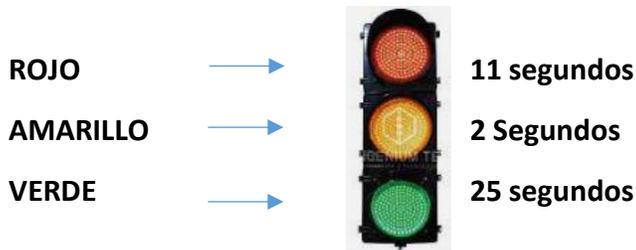
$$\frac{t_{v\ rojo}}{t_{v\ verde}} = \frac{126}{294}$$

$$t_{vrojo} - 0,43t_{v\ verde} = 0 \quad \text{Ecuacion (2)}$$

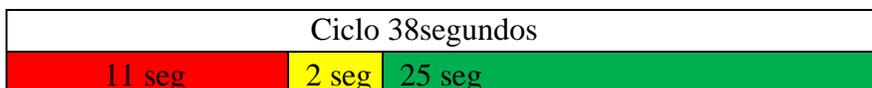
Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 25$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 11$  segundos.



Sistema Nuevo



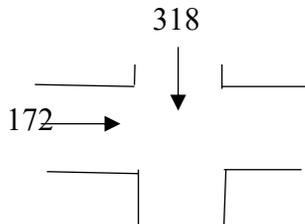
## PUNTO 4 CALLE GENERAL TRIGO ENTRE 15 DE ABRIL

### Datos:

Semáforo su ciclo es:  $C = 40$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida  $T_{am} (ida) = 2$  Seg.

Tiempo de amarillo retorno  $T_{am} (retorno) = 2$  Seg.



### PUNTO 4 CALLE GENERAL TRIGO ENTRE 15 DE ABRIL

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am\ ida} + t_{am\ retorno}$$

$$40 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{V_A * t_{am\ ida}}{t_{verde}} = \frac{V_B * t_{am\ retorno}}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{318 * 2}{t_{v\ verde}} = \frac{172 * 2}{t_{v\ rojo}}$$

$$\frac{t_{v\ rojo}}{t_{v\ verde}} = \frac{344}{636}$$

Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 23$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 13$  segundos.

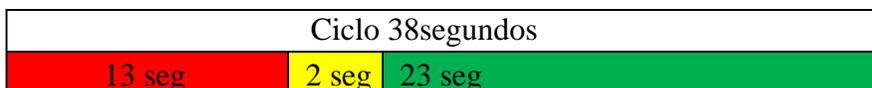
segundos.

**ROJO** →  **13 segundos**

**AMARILLO** →  **2 Segundos**

**VERDE** →  **23 segundos**

Sistema Nuevo



**PUNTO 5 CALLE GENERAL TRIGO ENTRE VIRGINIO LEMA**

No presenta semáforos

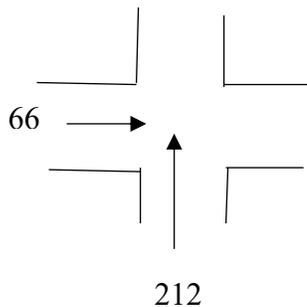
**PUNTO 6 CALLE CAMPERO ENTRE DOMINGO PAZ**

**Datos:**

Semáforo su ciclo es:  $C = 37$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida Tam (ida)= 2 Seg.

Tiempo de amarillo retorno Tam (retorno)= 2 Seg.



**PUNTO 6 CALLE CAMPERO ENTRE DOMINGO PAZ**

$$C = trojo + tverde + tam\ ida + tam\ retorno$$

$$37 = trojo + tverde + 2 + 2$$

$$trojo + tverde = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * tam\ ida}{tverde} = \frac{VB * tam\ retorno}{tvrojo}$$

$$\frac{212 * 2}{tv\ verde} = \frac{66 * 2}{tvrojo}$$

$$\frac{tv\ rojo}{tv\ verde} = \frac{132}{424}$$

$$tvrojo - 0,31tv\ verde = 0 \text{ Ecuacion (2)}$$

Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 27$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 9$  segundos.

- ROJO** → 9 segundos
- AMARILLO** → 2 Segundos
- VERDE** → 27 segundos



Sistema Nuevo



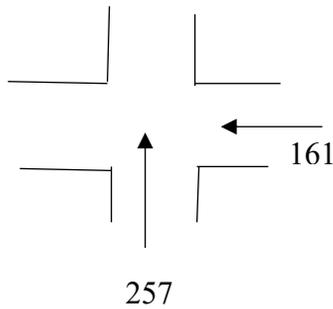
## PUNTO 7 CALLE CAMPERO ENTRE BOLIVAR

### Datos:

Semáforo su ciclo es:  $C = 37$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida Tam (ida)= 2 Seg.

Tiempo de amarillo retorno Tam (retorno)= 2 Seg.



### PUNTO 7 CALLE CAMPERO ENTRE BOLIVAR

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am\ ida} + t_{am\ retorno}$$

$$37 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \quad \text{Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * t_{am\ ida}}{t_{verde}} = \frac{VB * t_{am\ retorno}}{t_{rojo}}$$

$$\frac{257 * 2}{t_{verde}} = \frac{161 * 2}{t_{rojo}}$$

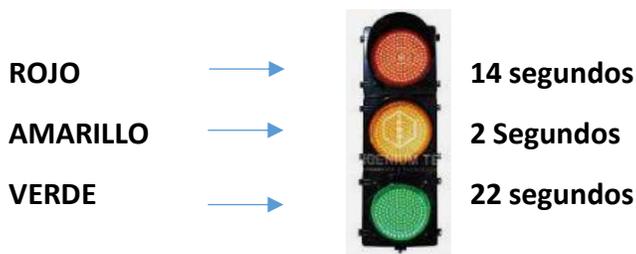
$$\frac{t_{rojo}}{t_{verde}} = \frac{322}{514}$$

$$t_{rojo} - 0,63t_{verde} = 0 \quad \text{Ecuacion (2)}$$

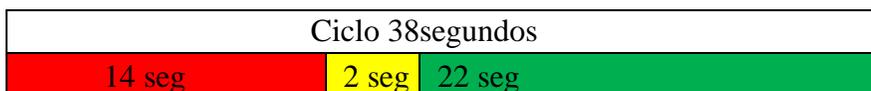
Hallando valores de  $t_{rojo}$  y  $t_{verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{verde} = 22$  segundos.

$T_{rojo} = 14$  segundos.



Sistema Nuevo



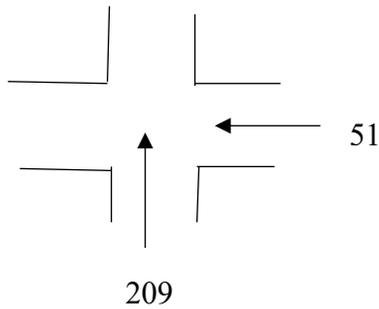
## PUNTO 8 CALLE CAMPERO ENTRE 15 DE ABRIL

### Datos:

Semáforo su ciclo es:  $C = 37$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida  $T_{am} (ida) = 2$  Seg.

Tiempo de amarillo retorno  $T_{am} (retorno) = 2$  Seg.



### PUNTO 8 CALLE CAMPERO ENTRE 15 DE ABRIL

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am} \text{ ida} + t_{am} \text{ retorno}$$

$$37 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{V_A * t_{am} \text{ ida}}{t_{verde}} = \frac{V_B * t_{am} \text{ retorno}}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{209 * 2}{t_{v verde}} = \frac{51 * 2}{t_{vrojo}}$$

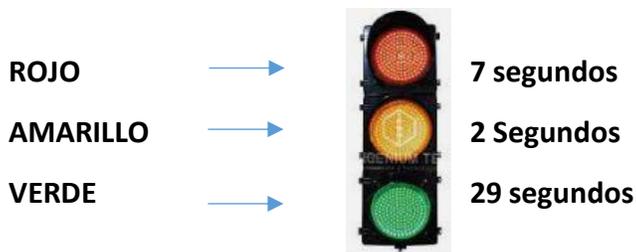
$$\frac{t_{v rojo}}{t_{v verde}} = \frac{102}{418}$$

$$t_{vrojo} - 0,24 t_{v verde} = 0 \text{ Ecuacion (2)}$$

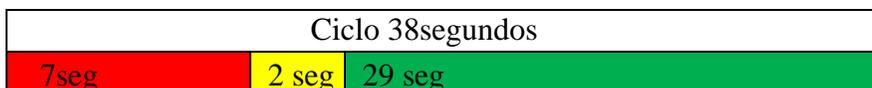
Hallando valores de  $t_{v rojo}$  y  $t_{v verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v verde} = 29$  segundos.

$T_{v rojo} = 7$  segundos.



Sistema Nuevo



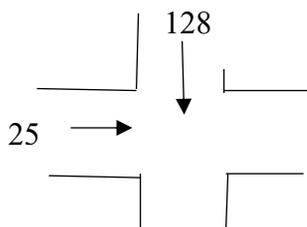
**PUNTO 9 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE DOMINGO PAZ**

**Datos:**

Semáforo su ciclo es:  $C = 36$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida Tam (ida)= 2 Seg.

Tiempo de amarillo retorno Tam (retorno)= 2 Seg.



**PUNTO 9 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE DOMINGO PAZ**

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + tam\ ida + tam\ retorno$$

$$36 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * tam\ ida}{t_{verde}} = \frac{VB * tam\ retorno}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{140 * 2}{t_{v\ verde}} = \frac{32 * 2}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{t_{v\ rojo}}{t_{v\ verde}} = \frac{64}{280}$$

$$t_{vrojo} - 0,23t_{v\ verde} = 0 \text{ Ecuacion (2)}$$

Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 29$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 7$  segundos.

**ROJO** →  **7 segundos**  
**AMARILLO** →  **2 Segundos**  
**VERDE** →  **29segundos**

Sistema Nuevo



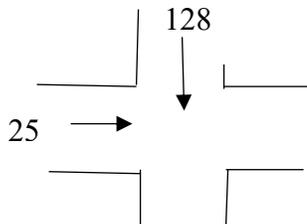
**PUNTO 10 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE INGAVI**

**Datos:**

Semáforo su ciclo es:  $C = 36$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida Tam (ida)= 2 Seg.

Tiempo de amarillo retorno Tam (retorno)= 2 Seg.



**PUNTO 9 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE DOMINGO PAZ**

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + t_{am\ ida} + t_{am\ retorno}$$

$$36 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \quad \text{Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * t_{am\ ida}}{t_{verde}} = \frac{VB * t_{am\ retorno}}{t_{vrojo}}$$

$$\frac{128 * 2}{t_{v\ verde}} = \frac{25 * 2}{t_{v\ rojo}}$$

$$\frac{t_{v\ rojo}}{t_{v\ verde}} = \frac{50}{256}$$

$$t_{vrojo} - 0,19t_{v\ verde} = 0 \quad \text{Ecuacion (2)}$$

Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 30$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 6$  segundos.

**ROJO** →  **6 segundos**  
**AMARILLO** →  **2 Segundos**  
**VERDE** →  **30 segundos**

Sistema Nuevo



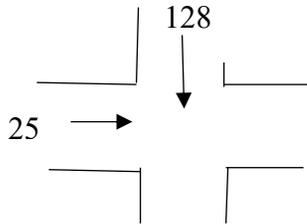
**PUNTO 11 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE 15 DE ABRIL**

**Datos:**

Semáforo su ciclo es:  $C = 36$  seg. El ciclo varía de } 35-120seg. (NORMA)

Tiempo amarillo de ida Tam (ida)= 2 Seg.

Tiempo de amarillo retorno Tam (retorno)= 2 Seg.



**PUNTO 9 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE DOMINGO PAZ**

$$C = t_{rojo} + t_{verde} + tam\ ida + tam\ retorno$$

$$36 = t_{rojo} + t_{verde} + 2 + 2$$

$$t_{rojo} + t_{verde} = 36 \text{ Ecuacion (1)}$$

$$\frac{VA * tam\ ida}{t_{verde}} = \frac{VB * tam\ retorno}{t_{rojo}}$$

$$\frac{128 * 2}{t_{verde}} = \frac{25 * 2}{t_{rojo}}$$

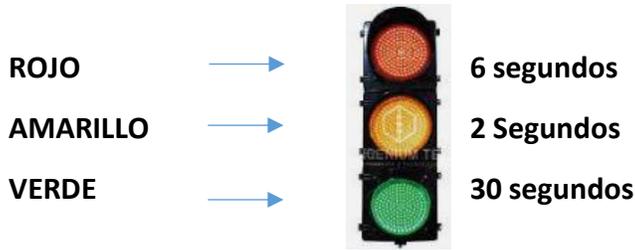
$$\frac{t_{rojo}}{t_{verde}} = \frac{50}{256}$$

$$t_{rojo} - 0,19t_{verde} = 0 \text{ Ecuacion (2)}$$

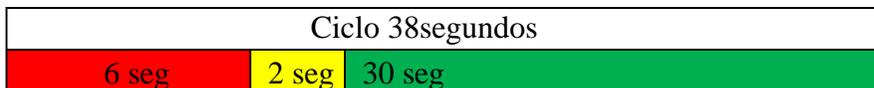
Hallando valores de  $t_{v\ rojo}$  y  $t_{v\ verde}$  con las ecuaciones 1 y 2.

$T_{v\ verde} = 30$  segundos.

$T_{v\ rojo} = 6$  segundos.



Sistema Nuevo



### **PUNTO 12 CALLE JUAN MISAEL SARACHO ENTRE VIRGINIO LEMA**

No presenta semáforo

### **PUNTO 13 CALLE BALLIVIAN ENTRE BOLIVAR**

No presenta semáforo

### **PUNTO 14 CALLE BALLIVIAN ENTRE INGAVI**

No presenta semáforo

### **PUNTO 15 CALLE BALLIVIAN ENTRE LA MADRID**

No presenta semáforo

Los resultados obtenidos registran prioridad en luz verde para todos los puntos de estudio, es importante resaltar que estos semáforos son los que controlan el flujo vehicular que afectan directamente en la libre circulación.

El reparto de tiempo actual ocasiona longitud de cola en la misma intersección por este motivo los semáforos deben ser intervenidos para mejorar la circulación vehicular.

Los tiempos de asignación de fases que corresponden a sus volúmenes de circulación ayudaran a mejorar la circulación de los vehículos.

Se ha requerido un ajuste a los tiempos de fases en las intersecciones de estudio, con el diseño de un nuevo sistema de semáforos aumentando el tiempo de verde para lograr disminuir considerablemente el congestionamiento en las intersecciones del centro de la ciudad de Tarija que presenta una mayor afluencia vehicular.

**Tabla 3.6.4 Tiempos de fases en las intersecciones en estudio**

Nº	Intersección	Acceso "A"	TR (Seg.)	TA (Seg.)	TV (Seg.)
1	Sucre - Bolívar	Sucre	4	2	32
2	Sucre - La Madrid	Sucre	5	2	31
3	General Trigo - Ingavi	Sucre	11	2	25
4	General Trigo - 15 de Abril	General Trigo	13	2	23
5	General Trigo - Virginio Lema	General Trigo	No presenta semáforo		
6	Campero - Domingo Paz	Campero	9	2	27

Nº	Intersección	Acceso "A"	TR (Seg.)	TA (Seg.)	TV (Seg.)
7	Campero - Bolívar	Campero	14	2	22
8	Campero- 15 de Abril	Campero	7	2	29
9	Juan Misael Saracho - Domingo Paz	Juan Misael Saracho	7	2	29
10	Juan Misael Saracho - Ingavi	Juan Misael Saracho	7	2	29
11	Juan Misael Saracho - 15 de Abril	Juan Misael Saracho	7	2	29
12	Juan Misael Saracho - Virginio Lema	Juan Misael Saracho	No presenta semáforo		
13	Ballivián - Bolívar	Ballivián	No presenta semáforo		
14	Ballivián - Ingavi	Ballivián	No presenta semáforo		
15	Ballivián - La Madrid	Ballivián	No presenta semáforo		

Fuente: Elaboración propia

Los semáforos ubicados en la calle Sucre correspondientes a la calle Bolívar y La Madrid buscan generar un flujo estable y evitar que los vehículos generen congestión quedándose parados en media intersección, problema que se vio a lo largo del aforo en esta intersección al momento de recolectar los datos, para mejorar la circulación vehicular se propone asignar mayor tiempo de verde a la calle Sucre la cual presenta mayor demanda.

El semáforo diseñado para la calle General Trigo busca beneficiar al conductor evitando que se generen colas de vehículos incrementando el tiempo de verde, para solucionar el problema al que se enfrentan día a día.

El semáforo diseñado para la calle Campero busca controlar que el flujo vehicular de ambos accesos y que este sea estable, asignando mayor tiempo de verde a la calle, debido a la gran demanda de vehículos que transitan por esta intersección.

El semáforo diseñado para la calle Juan Misael Saracho busca que el flujo sea estable asignando mayor tiempo de verde a la calle Juan Misael Saracho debido a la gran demanda de vehículos que circulan por esta calle.

### **3.7 PLANTEAMIENTO DE ACCIONES QUE DISMINUYAN LA CONGESTIÓN**

#### **3.7.1 Acciones Operacionales**

En base al análisis realizado se propone soluciones para reducir el congestionamiento en el centro de la ciudad de Tarija.

La calle Ballivián en la zona de estudio comprende las calles La Madrid, Ingavi y Bolívar, es un trayecto poco conflictivo en las horas pico debido a que no presenta semáforos, no pasan líneas de micro, solo taxi trufis que no generan mucha congestión.

Como medida de acción operacional se puede usar esta calle como vía para descongestionar las calles del centro de la ciudad trasladando algunas entidades financieras a estas calles.

La calle Juan Misael Saracho que comprende calles como Virginio Lema, 15 de Abril, Ingavi y Domingo Paz son calles que en la hora pico se ven afectadas por la salida de los niños del colegio esto provoca congestión vehicular, estas calles se pueden restringir el ingreso de vehículos por el número de placa con el fin de evitar embotellamientos y accidentes.

La calle Campero que abarca la calle Domingo Paz, Bolívar y 15 de abril es un trayecto muy conflictivo en las horas pico, debido a varios factores entre ellos el excesivo ingreso de líneas de micro que exceden el tiempo de circulación por estas calles, a esto se le añade el estacionamiento de vehículos.

Como medida de solución se plantea el no permitir el estacionamiento vehicular en estas calles de alta confluencia vehicular, acompañado de la restricción de vehículos con el número de placa.

La calle General Trigo que comprende la calle Ingavi, 15 de Abril y Virginio Lema son calles congestionadas que presentan estacionamiento en alguno de sus accesos, su calzada solo permite la circulación de un vehículo esto limita la circulación vehicular, se plantea como solución limitar el ingreso de vehículos livianos que en las horas pico son los que mayor congestión provocan.

La calle Sucre como solución operacional se puede ofrecer la restricción de las placas y por un determinado tiempo, que ingresan a estas calles acompañado de un alto control policial que permita una mejor circulación, como segunda alternativa se propone limitar

el ingreso de vehículos en horas pico, para promover que los vehículos públicos y micros logren movilizar mayor cantidad de personas por viaje.

### **3.7.2 Acciones Físicas**

Basados en los resultados obtenidos vemos que es necesario realizar acciones que puedan cumplir el objetivo que es descongestionar en centro de la ciudad.

Las acciones físicas se ven limitadas ya que el casco viejo de la ciudad se caracteriza por tener una arquitectura colonial, cualquier implementación brusca afectaría el mismo, en la calle Sucre y Madrid con volúmenes de 461 veh/h es una de las que más congestión provocan al centro de la ciudad, de esta manera se propone el desplazamiento de áreas administrativas, financiera y educativas.

La zona más crítica es la calle Sucre entre Bolívar que presenta volúmenes de 506 veh/hora se observa que es de un solo carril el cual es insuficiente, se puede catalogar como un factor de congestión ya que obliga al usuario de una vía a la necesidad de reducir la velocidad de operación.

En esta zona se propone uniformizar el ancho de carril, para que el usuario sea libre de realizar maniobras que es sinónimo de descongestión.

En la calle Campero se ve afectada por el parqueo continuo de micros que afecta la libre circulación y el estacionamiento de vehículos particulares, se propone el cambio del uso de suelo consiste en hacer un plan de crecimiento de la ciudad con el fin de que un carril circule los micros y en el otro los vehículos livianos, pero esto tendría que estar acompañado de un alto control policial.

Calle Juan Misael Saracho se propone diseñar parqueos subterráneos que no perjudiquen la circulación vehicular, esta calle está afectada en su totalidad por los estacionamientos.

Calle Ballivián es una calle que no presenta un alto tráfico vehicular por lo tanto presenta las velocidades más altas de circulación de 26.53 km/h, se debería rediseñar la circulación de la línea de micros por este punto para liberar el tráfico del centro de la ciudad o trasladar entidades financieras a este punto.

Estas acciones de prohibición del estacionamiento debe ser una acción conjunta entre la Municipio de la Ciudad de Tarija y Policía con su división de Tránsito, al estar expedita

la vía de vehículos estacionados, también mediante el Municipio se debe cuidar que los comercios no coloquen sus letreros que también impedirían en libre tránsito y finalmente se debe realizar campañas de educación vial tanto para peatones como conductores de vehículos públicos y privados.

### 3.8 APLICACIÓN DEL SOFTWARE PTV VISSIM 2024

La aplicación del software se realizó con los datos obtenidos de los aforos vehiculares, tipos de vehículos que circulan en el punto de estudio, tomando en cuenta el sentido de la vía y los giros en cada intersección.

Los datos recopilados se organizan para introducirlos al programa y conocer la situación actual del centro de la ciudad de Tarija.

#### Aplicación en el PUNTO 1 CALLE SUCRE ENTRE CALLE BOLIVAR DATOS PARA INTRODUCIR AL PROGRAMA

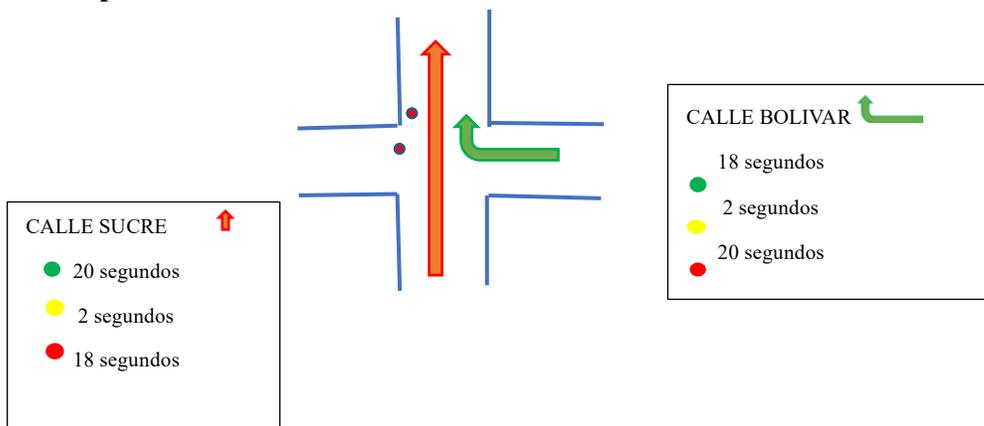
##### Aforo vehicular en el Punto 1

VEHICULOS LIVIANOS → FRENTE=450 Y GIRO DERECHO= 56  
 VEHICULOS MEDIANO → NO INGRESAN EN LAS HORAS PICO  
 VEHICULOS PESADO → NO INGRESAN EN LAS HORAS PICO

##### Velocidad del Punto 1

Velocidad=15.04 km/hr

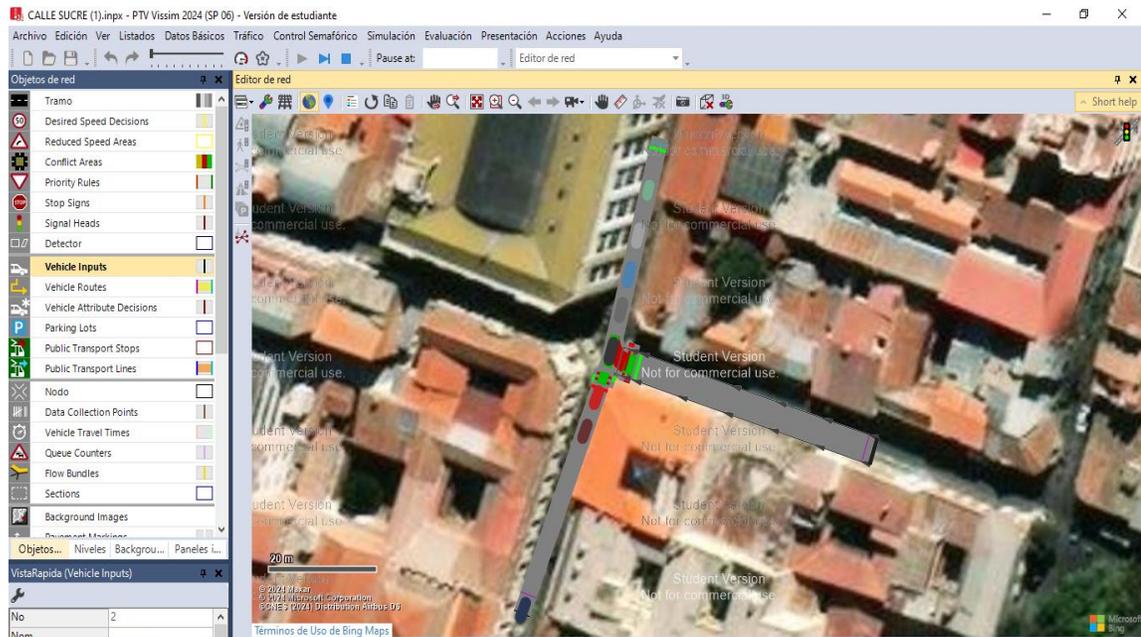
##### Tiempo del Semáforo



## SIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se puede observar la congestión vehicular actual en la calle Sucre y el comportamiento de todos sus parámetros en las horas pico.

**Figura 3.8 Situación Actual de la Calle Sucre**



Fuente: Imagen Satelital PTV VISSIM

El flujo vehicular de la calle Sucre es la que genera acumulación de vehículos debido a que el ancho de carril solo permite la circulación de un solo vehículo, la prioridad en este punto es el peatón ya que cuenta con una acera amplia.

## APLICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN VEHICULAR PICO Y PLACA EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE TARIJA

La congestión vehicular en la ciudad de Tarija, muestra que la condición del flujo vehicular se satura por diferentes motivos entre ellos exceso de demanda de vías, aumento del parque automotor sobre todo de vehículos particulares entre otros factores, lleva a producir un atascamiento que perjudica la libre tránsito de usuario.

**Figura 3.8.1 Parque automotor 2022**

**GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE TARIJA**  
**PARQUE AUTOMOTOR CLASIFICADO POR CLASE Y SERVICIO**  
**(VEHICULOS REEMPLACADOS CON RADICATORIA DEFINIDA)**  
**AL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2022**

ALCALDIA	CLASE	OFICIAL	PARTICULAR	PUBLICO	TOTAL
TARIJA	AMBULANCIA	17	22		39
	AUTOMOVIL	17	15.373	225	15.615
	BUS	13	186	177	376
	CAMION	406	5.107	342	5.855
	CAMIONETA	445	9.301	26	9.772
	FURGONETA	8	193	4	205
	JEEP	71	1.965		2.036
	MICRO	2	604	295	901
	MINIBUS	10	922	65	997
	MOTO	807	26.602		27.409
	QUADRATRACK	29	96		125
	TORPEDO	14	2		16
	TRACTO-CAMION	15	308	423	746
VAGONETA	178	18.265	330	18.773	
<b>TOTAL</b>		<b>2.032</b>	<b>78.946</b>	<b>1.887</b>	<b>82.865</b>

Fuente: Ruat 2022

El crecimiento del parque automotor es un factor importante hoy en día, de la imagen extraída de RUAT se observa que en el año 2022 el parque automotor estaba conformado por 82.865 vehículos, en comparación al aforo del año 2023 el cual presenta 83.801 vehículos.

**Figura 3.8.2 Parque automotor 2023**

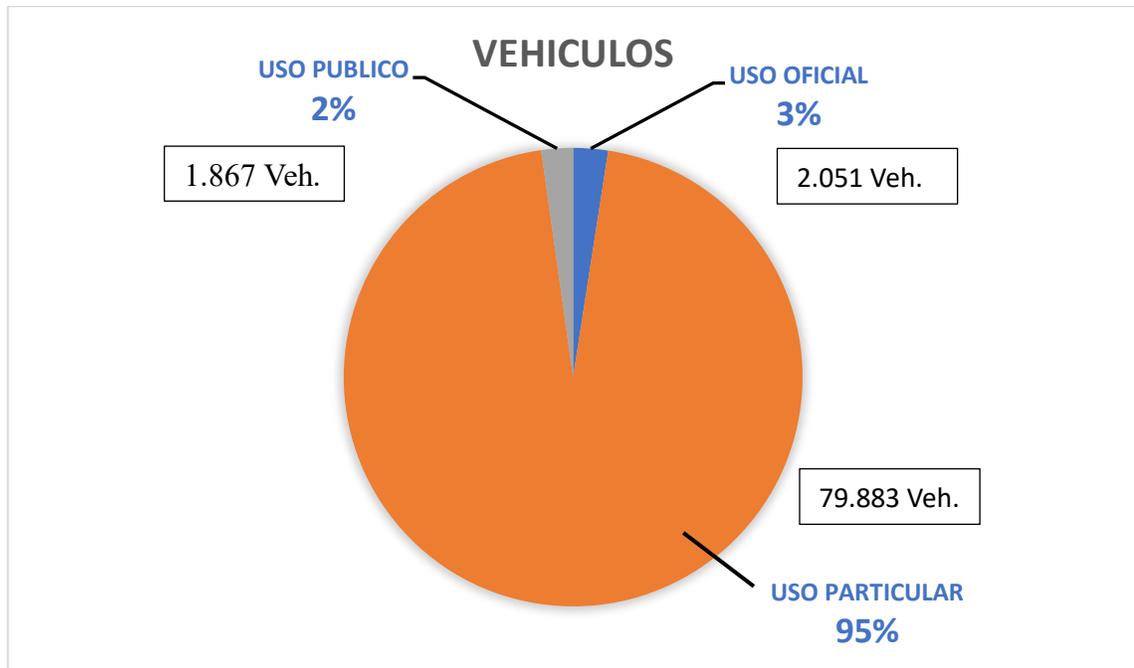
**GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE TARIJA**  
**PARQUE AUTOMOTOR CLASIFICADO POR CLASE Y SERVICIO**  
**(VEHICULOS REEMPLACADOS CON RADICATORIA DEFINIDA)**  
**AL MES DE JUNIO DEL AÑO 2023**

ALCALDIA	CLASE	OFICIAL	PARTICULAR	PUBLICO	TOTAL
TARIJA	AMBULANCIA	17	21		38
	AUTOMOVIL	17	15.445	223	15.685
	BUS	13	191	176	380
	CAMION	406	5.030	338	5.774
	CAMIONETA	451	9.339	26	9.816
	FURGONETA	8	212	4	224
	JEEP	71	1.961		2.032
	MICRO	2	619	289	910
	MINIBUS	10	932	72	1.014
	MOTO	809	27.293		28.102
	QUADRATRACK	29	96		125
	TORPEDO	14	2		16
	TRACTO-CAMION	15	317	411	743
VAGONETA	189	18.425	328	18.942	
<b>TOTAL</b>		<b>2.051</b>	<b>79.883</b>	<b>1.867</b>	<b>83.801</b>

Fuente: Ruat 2023

Del análisis de la imagen de la distribución vehicular de año 2023 se deduce que la ciudad de Tarija presenta un 95 % de vehículos livianos de uso particular.

**Figura 3.8.3 Distribución vehicular 2023**

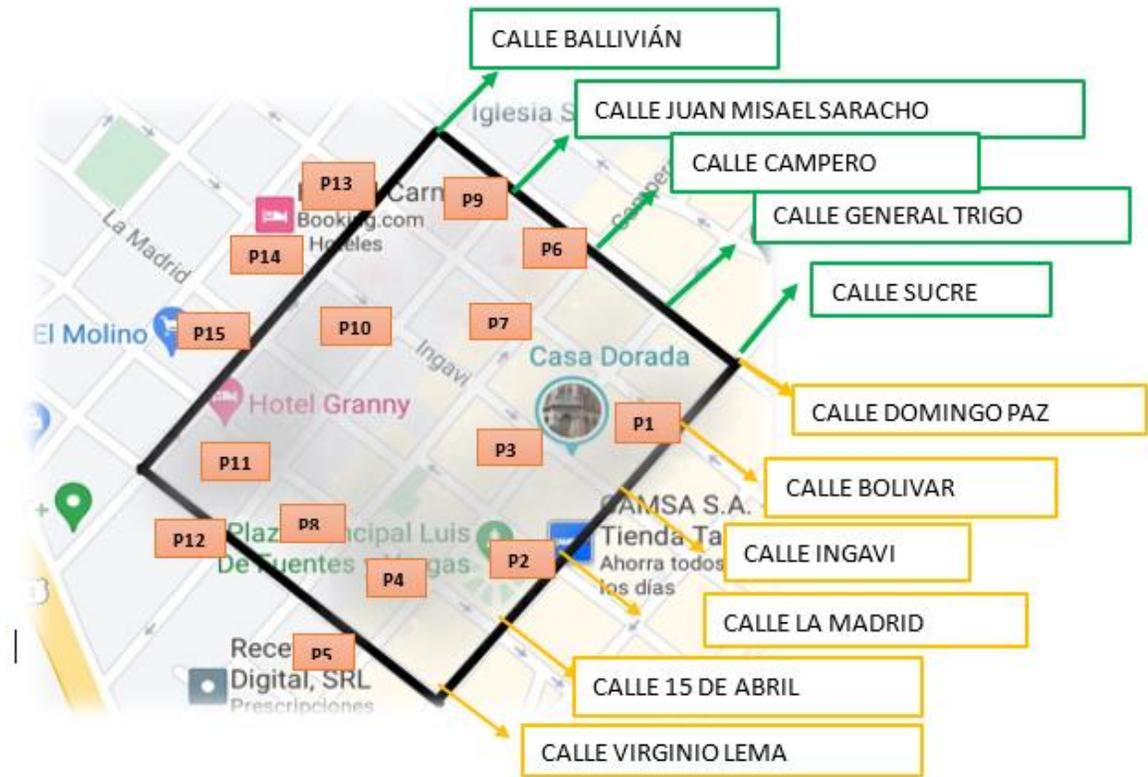


Fuente: Elaboración propia

El centro de la ciudad de Tarija zona de estudio, es un área que está comprendida por entidades financieras, entidades públicas, colegios, plaza, mercado, negocios, que concentran un alto ingreso de vehículos particulares, factor que interviene directamente en el flujo vehicular.

Como alternativa de solución al problema de congestión vehicular se propone la restricción vehicular de vehículos livianos en horas pico, por terminación de placas para vehículos del sector público y privado, en el centro de la ciudad de Tarija.

La restricción comprende las calles: Sucre, General Trigo, Campero, Juan Misael Saracho y Ballivián, delimitadas en la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración Propia

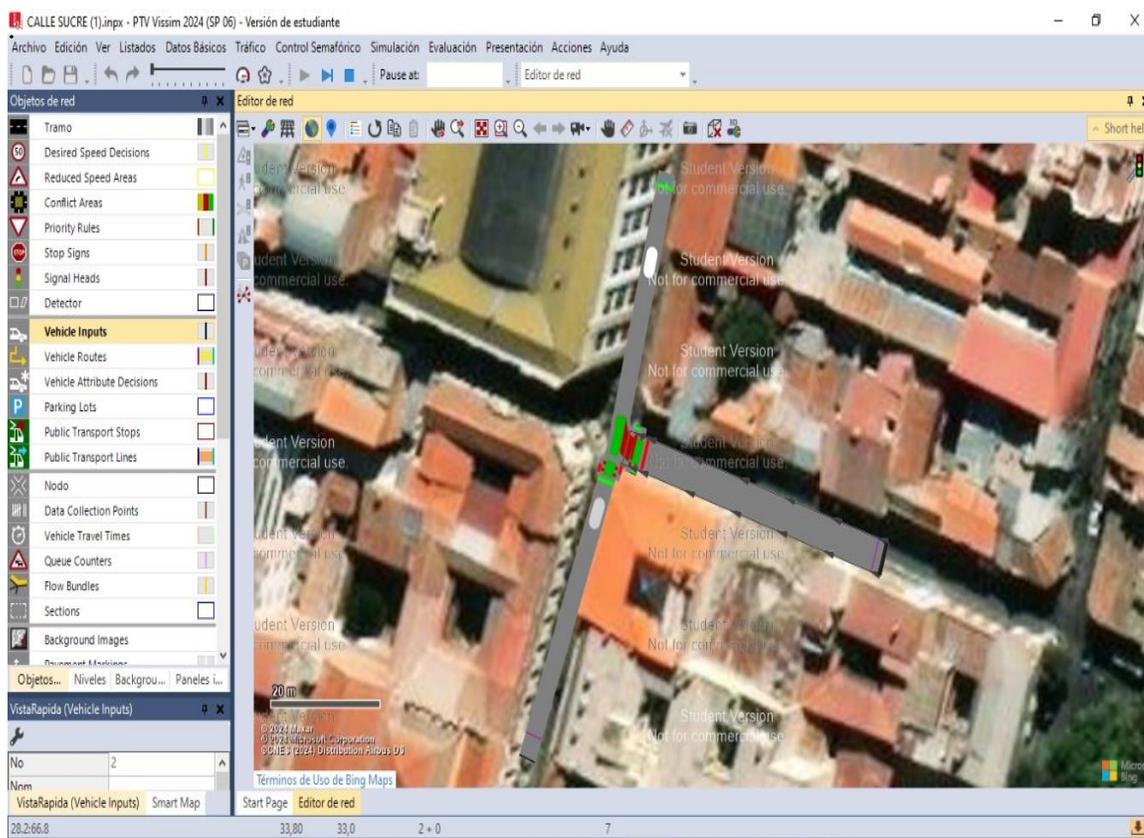
El horario de restricción rige en las horas pico de 8:00 a 9:00, 11:30 a 12:30 y 18:00 a 19:00 de lunes a viernes en el área de estudio.

La restricción se hará mediante el control por la terminación del número de placa, los autos cuyas placas terminen en 1 y 2 no podrán ingresar el día lunes, martes 3y 4, miércoles 5 y 6, jueves 7 y 8, finalmente el viernes 9 y 0, los días sábado y domingo no existe restricción.

Para que el sistema funcione la Policía Boliviana deberá cobrar multas económicas, previamente se deberá realizar campañas de información.

En la simulación se muestran los resultados al planteo de la alternativa de solución, se mantienen los parámetros iniciales, lo que varía es el volumen de vehículos que ingresan, estas modificaciones muestran mejoras en la circulación del tráfico vehicular.

**Figura 3.8.4 Simulación Pico y Placa de la Calle Sucre**



Fuente: Imagen Satelital PTV VISSIM

La restricción PICO Y PLACA reducirá el congestionamiento vehicular, de tal manera que la circulación será más fluida.

**Tabla 3.8 RESTRICCIÓN PICO Y PLACA**

	TERMINACIÓN DE PLACA					TOTAL
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	
Nº DE VEHÍCULOS	130	89	92	106	89	506
PORCENTAJE	26,13%	17,49%	18,07%	20,83%	17,49%	100%
RESTRICCIÓN POR DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	

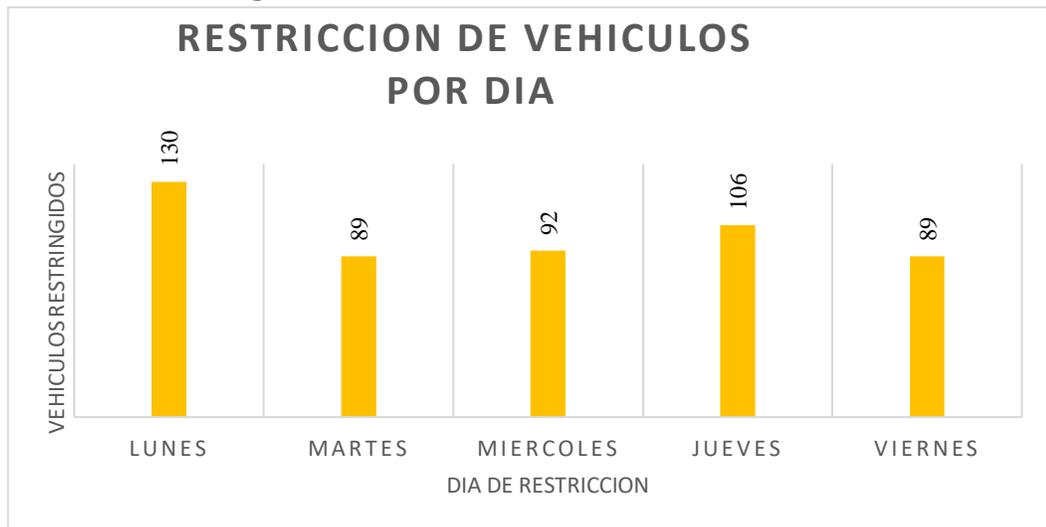
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 3.8.1 RESTRICCIÓN DE VEHÍCULOS POR DÍA**

DIA	NUMERO DE VEHÍCULOS	
Lunes	130	26%
Martes	89	17%
Miércoles	92	18%
Jueves	106	21%
Viernes	89	17%

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 3.8.5 Restricción De Vehículos Por Día**



Fuente: Elaboración Propia

Aplicando la restricción de vehículos se observa que por día se disminuye un volumen representativo que evitara que se produzca saturación vehicular en la zona de estudio.

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

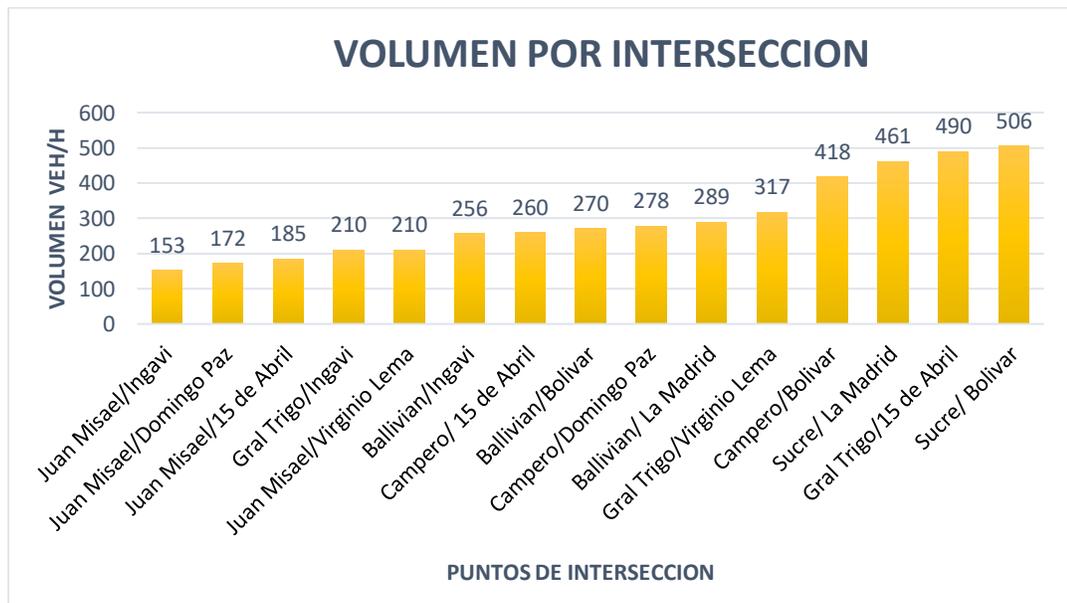
### 4.1 CONCLUSIONES

Finalizado el estudio de los parámetros de tráfico del centro de la ciudad de Tarija se llegan a las siguientes conclusiones:

-Se realizó el aforo vehicular para concluir que las horas de máxima demanda que se presentan en el día son 08:00 am a 09:00 am por la mañana, 11.30 am a 12.30 pm durante el mediodía y 18:00 pm a 19:00pm durante la tarde.

-Al evaluar el parámetro volumen se pudo observar que las intersecciones que cuentan con un gran flujo de vehículos son:

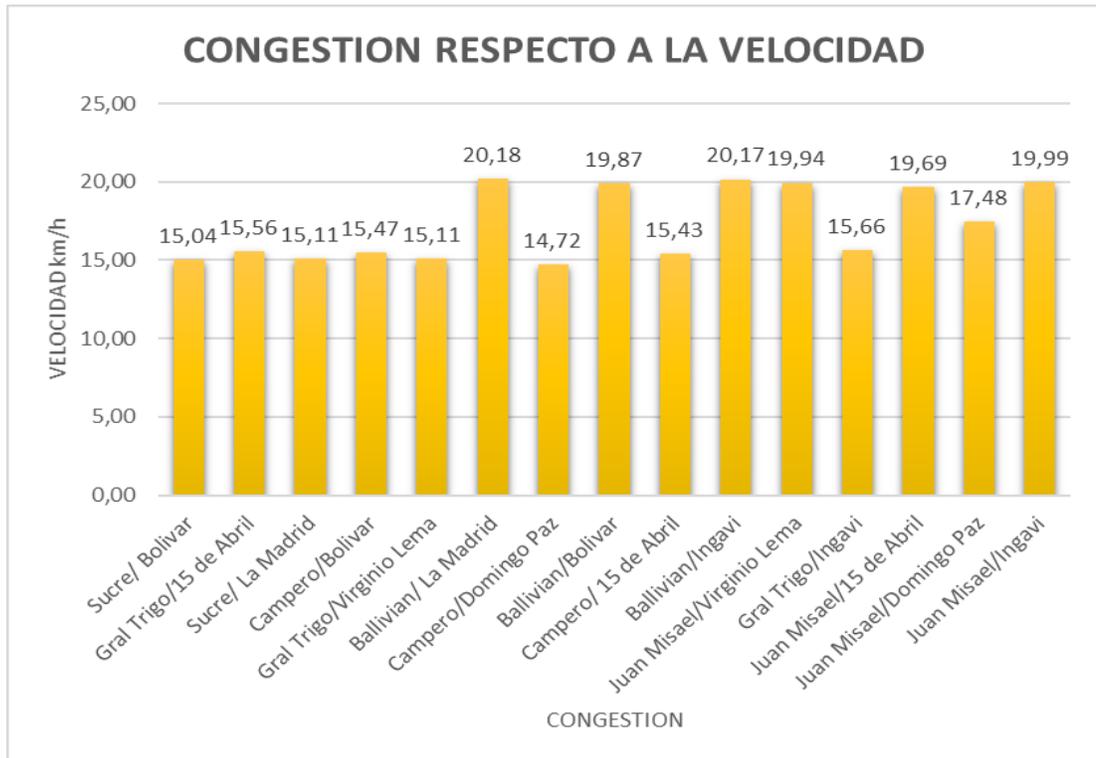
- Sucre entre Bolívar
- General Trigo entre 15 de Abril
- Sucre entre La Madrid
- Campero entre Bolívar
- General Trigo entre Virginio Lema



Fuente: Elaboración propia

-Al evaluar el parámetro velocidad se puede observar en el siguiente gráfico, las calles con velocidad mayor al promedio, calles que presentan una circulación estable debido a que en ellas no están instalación instituciones financieras:

- Ballivián entre la Madrid
- Ballivián entre Bolívar
- Ballivián entre Ingavi
- Juan Misael Saracho entre Ingavi
- Juan Misael Saracho entre Virginio Lema
- Juan Misael Saracho entre 15 de Abril



Fuente: Elaboración propia

La calle Sucre es la intersección que tiene restricción de estacionamiento, además tiene un volumen de alto tráfico vehicular, así mismo se observa la gran demanda de estacionamiento en este punto.

-Toda el área de estudio presenta demanda de estacionamiento debido a la ubicación de instituciones, clínicas, plaza, mercado, iglesia, bancos, instituciones públicas.



Fuente: Elaboración propia

Para mejorar el estacionamiento en el centro de la ciudad de Tarija se debería incrementar el costo por estacionar, actualmente se cobra 2 bs por hora, al incrementar el costo a 5 bs los propietarios preferirán estacionar en calles aledañas donde el precio sea menor por estacionamiento.

-Se realizó la observación de los ciclos de los semáforos instalados en el área de estudio y se dedujo que estos están instalados en serie, a su vez los tiempos de diseño no satisfacen la demanda vehicular, por lo cual se procedió a realizar un nuevo diseño en el cual se da prioridad a la fase verde considerada necesaria para descongestionar el flujo vehicular.

-Al analizar la simulación de tráfico vehicular actual y futura en el software VISSIM, se pudo plantear una alternativa de solución al problema de tráfico presente en el sector que se observa mediante las simulaciones realizadas con la propuesta planteada.

-La alternativa de solución propuesta a corto plazo es la restricción vehicular en horas pico por terminación de placas para vehículos del sector público y privado, en el centro de la ciudad de Tarija, los vehículos cuyas placas terminen en 1 y 2 no podrán ingresar el día lunes, martes 3y 4, miércoles 5 y 6, jueves 7 y 8, finalmente el viernes 9 y 0, los días sábado y domingo no existe restricción.

Esta alternativa reduce significativamente la congestión en el centro de la ciudad de Tarija, en el software Vissim se evidencia la disminución de vehículos en el área de estudio.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda impulsar a la elaboración de un Proyecto o Propuesta cuya finalidad sea implementar las medidas propuestas en este estudio para tener una circulación vehicular sin congestionamiento.
- Es importante realizar un análisis muy detallado en cuanto se habla de los parámetros velocidad, volumen y estacionamiento de los cuales nos brindan resultados que muestran el comportamiento de la congestión.
- Es aconsejable realizar el aforo de datos entre 4 personas por punto en estudio para evitar el error sistemático al reunir los datos en campo. Las personas encargadas de la toma de datos deben estar debidamente capacitada de lo que están realizando, para evitar un mal relevamiento de información.
- Los instrumentos necesarios para el desarrollo del proyecto es de vital importancia ya que exige mucha precisión en la medición de distancias, conteo vehicular, tiempos cronometrados, valores que van afectar directamente los resultados.
- Se sugiere a la Dirección Nacional de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial en la ciudad de Tarija tome en consideración nuestra propuesta como solución al congestionamiento de vehículos livianos en el centro de la ciudad de Tarija.
- Impulsar la concientización poblacional con respecto a la educación vial, desde los colegios que formen personas que respeten las normas y señales de tránsito.