



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1. INTRODUCCIÓN.

La ciudad de Tarija asentada en el valle central del departamento es una ciudad en constante crecimiento, en los últimos años debido a la migración poblacional del occidente de nuestro Estado, en virtud que se consideraba a Tarija la capital del gas y por tanto el crecimiento poblacional fue muy rápido originando que la ciudad tenga un crecimiento de barrios en la periferia.

La ciudad de Tarija también se caracteriza por tener quebradas y el río Guadalquivir que cruza de norte a sur, dónde hoy en día se observa un crecimiento sustancial, tanto en urbanizaciones, como en el tráfico mismo, pero un crecimiento desordenado y sin planificación, es así que los barrios periurbanos se consolidan en base a asentamientos y no a un plan urbano planificado con sus respectivos equipamientos.

La zona oeste de la ciudad capital está separada del centro de la ciudad por el río Guadalquivir, pero no tiene una conexión adecuada a la demanda del tránsito porque el crecimiento en esta zona es muy grande y solo se tiene tres puentes para todo el tráfico que proviene de esta zona hacia el centro de la ciudad.

Tarija, ciudad rodeada de ríos necesita más puentes, los cuales juegan un papel muy importante en el desarrollo de la ciudad, en la actualidad hay distintos puentes grandes y pequeños los que facilitan el tránsito vehicular y peatonal por la capital chapaca; sin embargo, aún no son suficientes.

En la actualidad se tiene un problema de tráfico en horas pico en estos puentes porque el embotellamiento es total y no se tiene un estudio cómo para plantear una solución a este problema.

El presente trabajo pretende plantear una alternativa de solución, ubicar puentes que se precisa construir sobre el río Guadalquivir, y para determinar cuántos y dónde se pueden

ubicar estos puentes, es necesario realizar un estudio y análisis del tráfico que proviene de esta zona y también de los que se trasladan a esa.

### **1.1. JUSTIFICACIÓN**

Debido al excesivo congestionamiento en las horas pico en los puentes existentes sobre el río Guadalquivir y la falta de un estudio y análisis de tráfico, se ve la necesidad de realizar un estudio del tráfico para poder determinar la construcción de nuevos puentes, y de esta manera poder determinar una alternativa de solución tanto para vehículos como para peatones.

Este estudio también puede ser utilizado por las instituciones involucradas en el problema como ser el G.A.M. de Tarija y la Provincia Cercado, la unidad operativa de tránsito.

El aporte académico de este proyecto será plantear una alternativa de solución para poder disminuir el congestionamiento y los tiempos de traslado de los vehículos y peatones para que puedan circular sin ningún problema.

Implementar un programa de control semafórico específico para el área de estudio del proyecto que pueda disminuir el congestionamiento y los tiempos de traslado de los conductores y que brinde seguridad y comodidad a los peatones.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Situación problemática**

En los puentes existentes sobre el río Guadalquivir, existe congestionamiento vehicular en sus respectivas horas pico. Este problema que es habitual se torna peligroso e inseguro para los peatones y molesto para conductores que transitan por dichos puentes.

El parque automotor se ha incrementado en la ciudad en estos últimos años, lo que ocasiona mayores volúmenes de tráfico vehicular, congestionamientos, accidentes de tránsito, por lo cual nos encontramos en la necesidad de analizar estos problemas, para así plantear alternativas de solución al tráfico vehicular y peatonal.

### **1.2.2. Problema**

Debido al incremento excesivo del parque automotor en la ciudad de Tarija en los últimos años, y a la falta de un estudio en el crecimiento vehicular real y adecuado del comportamiento del tráfico en las horas de mayor congestión, existe la necesidad de realizar un análisis y un estudio de tráfico vehicular en los puentes existentes sobre el río Guadalquivir, con el propósito de optimizar tiempos en la circulación para los conductores en las vías más conflictivas y así también mejorar la seguridad del peatón y su fácil circulación en los cruces sobre el río.

### **1.2.3. Hipótesis**

Con la ubicación y construcción de nuevos puentes vehiculares sobre el río Guadalquivir zona sud oeste, se va a solucionar el gran problema de tráfico que se tiene en la actualidad en dicha zona.

## **1.3.DFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES**

### **1.3.1. Variables independientes**

El congestionamiento vehicular en los puentes existentes sobre el río Guadalquivir

El ancho de carril en puentes

### **1.3.2. Variables dependientes**

El congestionamiento vehicular

La retardación vial

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar el análisis del comportamiento del tráfico vehicular en la zona sud oeste y el casco viejo de la ciudad de Tarija, para ubicar puentes sobre el río Guadalquivir.

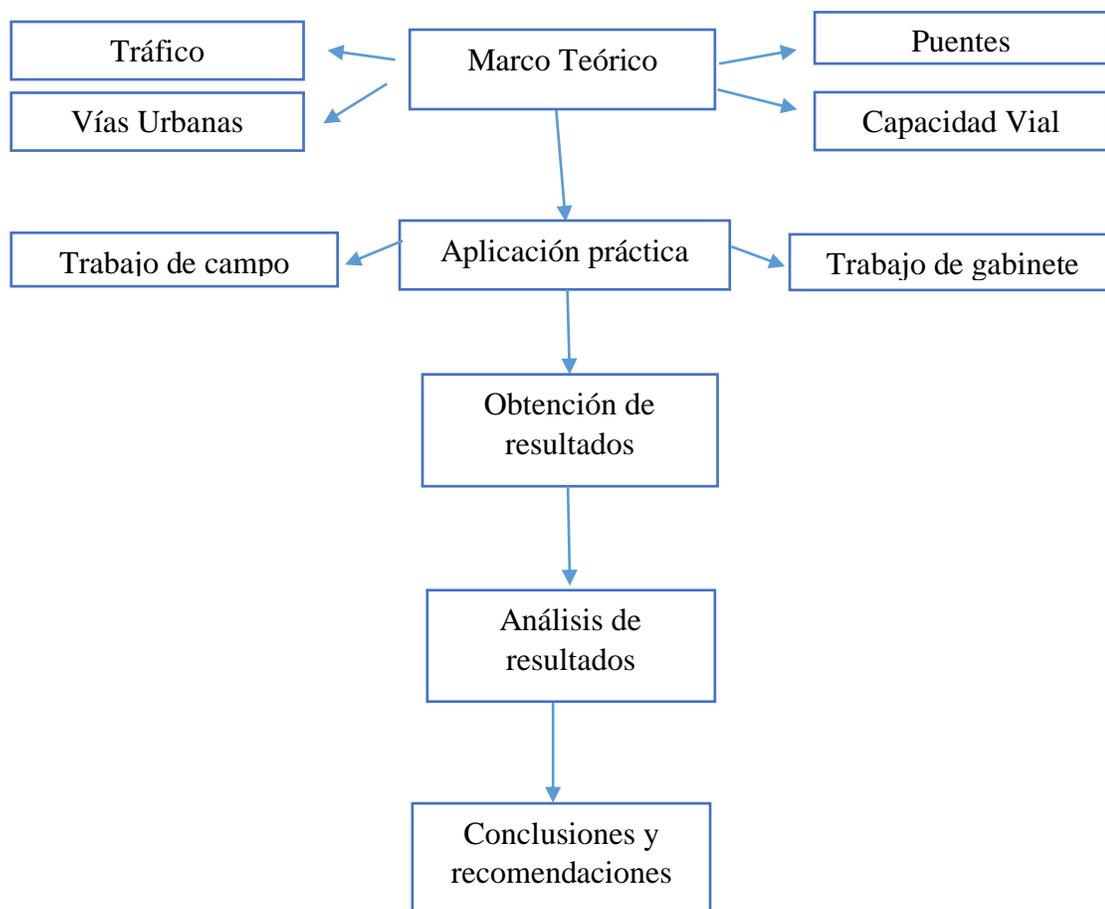
### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los aspectos generales y específicos del tráfico y particularmente del congestionamiento vehicular que permita elaborar un análisis que identifique y que solucione los congestionamientos vehiculares.

- Realizar el análisis de los métodos que existan para la determinación del congestionamiento vehicular y escoger el más apropiado para las características de las vías en estudio.
- Analizar el tráfico en los puentes zona sur del área en estudio donde exista mayor congestionamiento y realizar el estudio de volúmenes de tráfico y el estudio de retardación con las vías que se interconectan.
- Realizar un análisis y determinar el área de estudio y la mancha urbana que ha proyectado el G.A.M de Tarija.
- Determinar la necesidad de ubicar nuevos puentes sobre el río Guadalquivir.

### 1.5.DISEÑO METODOLÓGICO

**Figura 1.1:** Diseño metodológico



**Fuente:** Elaboración propia

## **1.5.1. Medios**

### **1.5.1.1. Componentes**

#### **1.5.1.1.1. Unidad**

Como unidad de estudio tenemos tráfico en puentes vehiculares.

#### **1.5.1.1.2. Población**

Determinar cantidad de puentes.

De acuerdo al análisis y estudio de tráfico se determinara la necesidad de cuantos puentes se debe ubicar en la zona sud oeste.

#### **1.5.1.1.3. Muestra**

Se analizará las intersecciones y puentes sobre el río Guadalquivir en la ciudad de Tarija zona sud oeste, de las cuales se van a determinar volúmenes.

#### **1.5.1.1.4. Muestreo**

En cada intersección se realizarán los siguientes estudios:

Aforo de volúmenes vehiculares de cada acceso a la intersección

Medición de la velocidad de circulación

En gabinete se determinará el comportamiento de:

Volúmenes medios de vehículos en los accesos

Capacidad de los accesos y la intersección

Nivel de servicio

Determinación de la ubicación de nuevos puentes.

### **1.5.1.2. Metodología**

#### **1.5.1.2.1. Métodos y técnicas empleadas**

##### **1.5.1.2.2. Método inductivo**

El inductivismo o método lógico inductivo es un método lógico científico que elabora conclusiones generales a partir de enunciados observacionales particulares y parte de lo particular a lo general.

El inductivismo se caracteriza por tener 4 etapas básicas:

La observación y registro de todos los hechos.

Análisis y clasificación de los hechos.

Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos.

Contrastación.

En una primera etapa se deberían observar y registrar todos los hechos y luego analizarlos y clasificarlos ordenadamente.

A partir de los datos procesados se deriva una hipótesis que solucione el problema basada en el análisis lógico de los datos procesados. Esta derivación de hipótesis se hace siguiendo un razonamiento inductivo.

En la última etapa se deduce una implicación contrastadora de hipótesis. Esta implicación debería ocurrir en el caso de que la hipótesis sea verdadera, así si se confirma la implicación contrastadora de hipótesis quedará validada la hipótesis principal.

En el presente trabajo se plantea reducir el nivel de riesgo en las intersecciones, es así que se va inducir una metodología basada en inspecciones de seguridad vial, realizando la toma de datos de campo, hechos, analizarlos, etc. para finalmente verificar la hipótesis principal planteada.

#### **1.5.1.2.3. Técnicas**

#### **1.5.1.2.4. Técnicas de mediciones**

El método no basta ni es todo; se necesitan procedimientos y medios que hagan operativos los métodos. Las técnicas son respuestas al cómo hacer para alcanzar un fin o resultado propuesto, pero se sitúan a nivel de los hechos o de las etapas prácticas que, a modo de dispositivos auxiliares, permiten la aplicación del método, por medio de elementos prácticos, concretos y bien adaptados a un objeto bien definido.

Las técnicas son los procedimientos de actuación concretos que deben seguirse para recorrer las diferentes fases del método científico, para lograr una buena recolección de información se utilizara la técnica de aforo.

### 1.5.1.2.5. Aforos

Aforar es medir la capacidad, cantidad de géneros, mercancías, agua, vehículos, que haya en algún lugar en una unidad de tiempo.

En ese proyecto se realizará el análisis en puentes con distintos anchos de carril, realizando el aforo de tráfico en dos puentes en los cuales se tomará en cuenta la velocidad, ancho de carril y capacidad; además de eso se evaluará en cada uno de los puentes todo lo referente con la seguridad vial.

Una vez obtenidos los datos necesarios se los procesará para la obtención de resultados, la comparación y elaboración de las conclusiones.

### 1.5.1.3. Tratamiento estadístico

#### 1.5.1.3.1. Estadística descriptiva

Es la técnica matemática que obtiene, organiza, presenta y describe un conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas.

Describe el conjunto estudiado mediante parámetros estadísticos, los cuales son:

#### Media aritmética

La media aritmética es el valor promedio de las muestras y es independiente de las amplitudes de los intervalos. Se simboliza como  $\bar{X}$  y se encuentra sólo para variables cuantitativas. Se encuentra sumando todos los valores y dividiendo por el número total de datos.

La fórmula general para n elementos es:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

n = Número de datos

x = Valor del dato

$\Sigma$  = Sumatoria

## Mediana

La mediana es el valor que ocupa el lugar central entre todos los valores del conjunto de datos, cuando estos están ordenados en forma creciente o decreciente.

La mediana de un conjunto con un número impar de datos es, una vez ordenados los datos, el dato que ocupa el lugar central.

Y se encuentra representada por Me.

## Moda

La moda de un conjunto de datos es el dato que más veces se repite, es decir, aquel que tiene mayor frecuencia absoluta. Se denota por Mo. En caso de existir dos valores de la variable que tengan la mayor frecuencia absoluta, habría dos modas. Si no se repite ningún valor, no existe moda.

## Desviación estándar

La desviación típica o desviación estándar (denotada con el símbolo  $\sigma$  o  $s$ , dependiendo de la procedencia del conjunto de datos) es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

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

Donde:

$s$  = Desviación estándar

$n$  = Número de datos

$x$  = Valor del dato

$\Sigma$  = Sumatoria

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no solo basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que necesitamos conocer también la desviación que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto

de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

### **Varianza**

En teoría de probabilidad, la varianza de una variable aleatoria es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media. O en pocas palabras, es la media de los residuos al cuadrado.

$$v = s^2$$

Donde:

v = Varianza

s = Desviación estándar

Su unidad de medida corresponde al cuadrado de la unidad de medida de la variable: por ejemplo, si la variable mide una distancia en metros, la varianza se expresa en metros al cuadrado. La varianza tiene como valor mínimo 0.

### **Coefficiente de variación**

En estadística, cuando se desea hacer referencia a la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable, se utiliza el coeficiente de variación.

$$C_v = \frac{s}{|\bar{x}|} * 100$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

s = Desviación estándar

Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar. Por otro lado, presenta problemas ya que a diferencia de la desviación típica este coeficiente es variable ante cambios de origen. Por ello es

importante que todos los valores sean positivos y su media de, por tanto, un valor positivo. A mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad de los valores de la variable; y a menor C.V., mayor homogeneidad en los valores de la variable. Suele representarse por medio de las siglas C.V.

### **1.6. ALCANCE**

El alcance del presente trabajo es el estudio de congestiónamiento de tráfico en el puente Bicentenario y puente Bolívar, para poder determinar la implementación de más puentes vehiculares y de esta manera solucionar el congestiónamiento de estos dos puentes en la zona sud oeste.

En la primera parte del alcance se quiere dar a conocer los aspectos básicos del proyecto, es decir los conceptos individuales simples de cada parte del estudio que se realizará, como ser la congestión vehicular, así mismo se analizará los aspectos fundamentales en los puentes existentes, regido y apoyado por libros estructurados para el estudio de la ingeniería de tráfico, donde se llegan a tener conocimientos fundamentados y reales de cada aspecto de la ingeniería de tráfico en si, como ser sus fundamentos, conceptos, evolución y problemas más comunes, así también conocimientos sobre el congestiónamiento vehicular y los causales de los mismos, sus ventajas y desventajas.

En esta primera parte también se desea explicar los motivos por los cuales se ve la necesidad de la realización de este proyecto, justificado por el problema de congestiónamiento que sufre actualmente la ciudad de Tarija debido al crecimiento del parque automotor de nuestra ciudad que trajo consigo problemas de congestiónamiento de tráfico vehicular en las vías principales de la ciudad y conexiones del entorno del casco viejo tanto a conductores, peatones y a la población en general.

Los puentes existentes sobre el río Guadalquivir hoy en día se convirtieron en cuellos de botella en horas pico, en tal sentido el presente trabajo consiste en realizar un análisis de tráfico de circulación en dichos puentes y plantear una solución de ubicación de los mismos sobre el río Guadalquivir.

El trabajo consistirá realizar aforos de la circulación de vehículos sobre los puentes y además evaluar el parque automotor de la zona oeste de la ciudad de Tarija. La zona de estudio comprendería el sudoeste de la ciudad a partir del puente Bicentenario hasta San Blas (Villa Bush, Miraflores, San Blas).

Los posibles puentes a ubicar solucionarán el problema de tráfico en la zona oeste y el centro de la ciudad.

Como parte importante del congestionamiento en vías urbanas se realizará también el estudio de todos los elementos de la ingeniería de tránsito y de los parámetros que intervienen en el tráfico, describiendo y analizando las intensidades del tráfico, los diferentes tipos de volúmenes que existen y la diferencia que tienen con la intensidad, de forma conjunta se explicara y estudiará los tipos de aforos existentes y los periodos más relevantes para la determinación adecuada de la intensidad y volumen de tránsito.

Una vez finalizada la parte práctica se deberá hacer un análisis detallado y completo de los resultados obtenidos, con estos parámetros de la ingeniería de tráfico que son los más importantes se podrá conocer la situación actual del comportamiento del tráfico vehicular en el área de estudio y así también se podrá ubicar los posibles nuevos puentes.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se podrá obtener las conclusiones y recomendaciones que se vean necesarias para así tomar todas las medidas adecuadas para la realización de este proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

#### **2. ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

##### **2.1. DEFINICIÓN**

Se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, el proyecto geométrico y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales) y zonas de influencia, así como de su relación con otros medios de transporte.

##### **2.2. FUNCIÓN DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

###### **2.2.1. Definición y competencia**

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación de personas y mercancías sea segura, rápida y económica.

Para ello se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc..

###### **2.2.2. Planeamiento**

También es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

###### **2.2.3. Organización de la ingeniería de tráfico**

Planificación de tráfico y transporte.

Señalización y regulación semafórica.

Dirección e ingeniería de tráfico.

Evaluación y asesoramiento del impacto de tráfico.

Simulación y modelamiento de transporte.

Planes de transporte público.

Política y planificación de aparcamientos.

Proyectos de peatonalización y ciclo rutas.

Sistemas de transporte inteligente

Seguridad vial.

Análisis financiero y económico de transporte.

Encuestas e investigación de transporte.

### **2.3. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO**

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

El Usuario.

El Vehículo.

La Vía o Vialidad

#### **2.3.1. Características de los vehículos**

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

### **Clasificación y características del vehículo de proyecto**

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Los vehículos se clasifican en 2:

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

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

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

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

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

### **2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS USUARIOS**

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor. El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

### **2.4.1. Usuario conductor**

El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.

### **2.4.2. Usuario peatón**

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad. En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

### **2.4.3. Flujo de pasajeros**

El flujo de pasajeros está en función directa a las necesidades de origen y destino de los vecinos y por consecuencia del trazado de las líneas de transporte público existentes. Los parámetros básicos por los cuales nos debemos basar para realizar la planificación y trazado de rutas de transporte público más importantes son las que mencionamos a continuación.

Traslado hacia centros de trabajo.- Oficinas públicas y privadas en el área central y zonas concurrentes de la ciudad

Traslado hacia centros de abasto.- Mercados y centros de abasto en general.

Traslado hacia centros comerciales.- En la zona central y otras zonas concurrentes de la ciudad.

Traslado hacia otros destinos de la ciudad.- Donde se engloban las diversas necesidades de la población.

Estos parámetros básicos han resultado los principales de acuerdo a encuestas realizadas en años anteriores. La redistribución de líneas deberá ser trazada en función a los anteriores parámetros que van en beneficio de los vecinos; sin embargo ha influido de sobre manera el querer asegurar un mayor índice de ocupación por parte de las instituciones del transporte público y no así tomar como prioridad en su momento las necesidades del usuario para tener una mayor cantidad de alternativas de origen y destinos.

Generalmente las líneas de transporte público no tienen muchas alternativas de origen y destino, precisamente por estar congestionado y centralizado por algunas arterias lo cual limita las posibilidades de destino de la población en general.

## **2.5. TIPOS DE CALLES URBANAS**

Primeramente se puede hacer una distinción o clasificación general de las vías, que pueden ser: vías urbanas y vías interurbanas o llamadas también carreteras.

### **2.5.1. Vías urbanas**

Las vías urbanas son vías diseñadas para poder brindar todas las comodidades de locomoción tanto peatonal como vehicular en las ciudades.

A su vez las vías urbanas podemos clasificar también, tomando en cuenta para ello aspectos funcional de las mismas como sigue:

Entendiéndose como red viaria al conjunto de vías que se entrecruzan y se comunican organizadamente y de esta manera establecen la unión de zonas, ciudades, etc. La red viaria urbana se divide en lo que es red municipal y la red arterial, la primera considerada como el conjunto de vías que canalizan básicamente el tráfico urbano, que es aquel que se mueve en el interior de las ciudades o que sus recorridos y destinos se encuentran dentro las ciudades.

La red municipal esta a su vez formada por los sistemas generales y por los sistemas locales, según su importancia funcional en lo que son ciudades.

Los sistemas generales constituyen el viario estructurante de la ciudad y forman, básicamente las vías barriales de la misma. A su vez los sistemas locales están integrados por la red secundaria o de relleno de la ciudad, formada por la red secundaria municipal.

La red arterial vendría a ser el viario conformado por el tráfico de origen exterior a las ciudades que puede ser; tráfico que se encuentra de paso por la misma, o el tráfico que llegue a la ciudad o tráfico de acceso, mayormente dicho tráfico se encuentra un poco alejado del centro de las ciudades aunque en el caso de nuestro país, en algunas ciudades estos vehículos atraviesan el centro de las mismas, nos referimos a los buces o flotas de transporte de pasajeros.

Es así que estas vías deberían estar siempre alejadas del centro de la ciudad empiezan a parecerse a carreteras desde el punto de vista funcional y por esto se las denomina como carreteras urbanas, el conjunto de las mismas vendría a ser la red arterial.

Esta clasificación funcional de las calles es la que se tomara en cuenta en este trabajo, pero existe también otros criterios de clasificación y agrupación de calles desde varios puntos de vista; algunos de los criterios más usuales son los siguientes:

- a) Según el grado de integración de sus tráficos: desde el punto de vista exclusivo de los tráficos que soportan, las calles pueden ser mono modales y pluri modales

Calles mono modales.- Aquellas que admiten un único modo de transporte ejemplo:

Calles peatonales

Calles exclusivas de vehículos motorizados

Calles exclusivas de transporte colectivo, etc.

Calle pluri modales. Aquellas en las que recorre más de un modo de transporte pueden ser:

Calles con segregación total de tráficos en que cada modo circula por su propia banda en exclusiva (calzada, acera, carriles- bici, etc.)

Calles con segregación parcial de tráfico, con los modos motorizados de las calzadas y el no motorizado en la acera.

Calles de coexistencia de tráfico, en las que hay una asignación genérica de espacios por funciones, con posibilidad de mezcla de tráfico

- b) Según la anchura de calle: la anchura de la calle, si bien está relacionada con su capacidad de tráfico e indirectamente, con su importancia no es aislante. Pueden ser consideradas:

Calles estrechas, de anchura igual o inferior a 5-8 m.

Calles medias, entre 8 y 20 m.

Calles anchas, superiores a 20 m.

- c) Según la actividad dominante de la calle: se refiere principalmente, a la densidad de la actividad dominante, ya que raramente una calle presenta un único uso. Con arreglo a ello, las calles pueden ser:

Calles residenciales

Calles industriales

Calles comerciales u oficinas

Otros usos predominantes (vías parque, autovías urbanas, etc.)

### **2.5.2. Vías interurbanas**

Las vías interurbanas también llamadas carreteras se pueden definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales fue acondicionada.

Existen varias maneras de clasificar a las carreteras o vías interurbanas de acuerdo a distintos puntos de vista entre las más importantes tenemos:

- a) Clasificación administrativa.- En nuestro país la clasificación administrativa es la siguiente:

Carreteras Fundamentales.- Son las que se hallan dentro de la red fundamental de carreteras. La red fundamental es aquella que une capitales de departamento, capitales de provincia y puntos importantes de frontera.

Carreteras Complementarias.- Son aquellas que nacen de la red fundamental.

Carreteras Vecinales.- Son aquellas que por lo general nacen de las carreteras complementarias.

**b) Clasificación Funcional.-** Generalmente se las agrupa en:

Arteriales.- Son las que proporcionan un alto nivel de movilidad.

Colectoras.- Que proporcionan movilidad y acceso a la propiedad.

Locales.- Que proporcionan un alto grado de acceso a la propiedad.

## **2.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS URBANAS**

Como ya se mencionó anteriormente, el aspecto más importante que marca la diferencia entre una vía urbana y una vía interurbana es que en las vías urbanas existe la presencia del hombre, aspecto muy importante que impone el diseño de las mismas, tomando en cuenta todos los implementos que serán necesarios para brindarle al mismo los servicios precisos para las actividades que desarrolla cotidianamente.

A excepción de las vías arteriales en las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero si implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se le llama alumbrado público y es así que las carreteras se convierten en calles.

Las redes de servicios telefónicos, eléctricos, etc., que en vías interurbanas son aéreas ya en las vías urbanas deben ser enterradas, debido mayormente a las incomodidades y peligros que representan.

Asimismo los servicios de drenaje que en vías interurbanas son superficiales, en vías urbanas deben ser subterráneos.

Otras características de las vías urbanas a diferencias de las vías interurbanas, vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbana, de igual manera la

velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, el peso de los vehículos son también características que presentan las vías urbanas.

Pasaremos a explicar brevemente cada una de las características de las vías urbanas que marcan la diferencia con respecto a las carreteras, ya que un estudio más detallado lo veremos en el siguiente capítulo.

### **2.6.1. La calle**

Las distintas definiciones de los principales diccionarios y enciclopedistas, ponen en relieve algunos de los rasgos que caracterizan a la calle: Espacio público urbano, soporte e actividades ciudadanas en un ámbito no privado.

Dimensión longitudinal, con predominio de la organización lineal de las actividades e infraestructuras.

Espacio entre edificaciones, con importante componente arquitectónica.

Pero estas definiciones contrastan con una realidad no tan sencilla, debido a la gran variedad de tipos de calle y la gran riqueza de actividades que encierran. Permaneciendo y transformándose a lo largo de la historia, la calle se ha convertido en receptáculo de buena parte de las relaciones humanas que se desarrollan en el ámbito urbano.

Se puede decir que la función de la calle es doble ya que por un lado, es un camino, un canal de transporte, es decir un soporte de viajes. Por otro es un espacio de estancia de juego, de trabajo, de reunión de espectáculo de manifestación y lucha, espacio simbólico, en suma un espacio de relación e interacción social. La calle por lo tanto es mucha más que una vía de tráfico.

### **2.6.2. Aceras**

Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la calzada. En las calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar la velocidad

por no existir demasiado volumen de tráfico; el césped también es colocado por razones estéticas, existiendo para todo esto normas de los anchos mínimos y máximos adecuados que se deben emplear en el diseño. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Para poder proyectar un ancho adecuado de las aceras es necesario tener una idea del volumen peatonal que va a circular por la misma a fin de proporcionar la capacidad apropiada.

La construcción de aceras es un imperativo en toda zona edificada. Sin embargo, muchas veces se ha discutido su justificación en ciertas zonas rurales, semi rurales o en proceso de urbanización.

Actualmente en Bolivia y particularmente en Tarija existen zonas edificadas (urbanas) en las cuales prácticamente no existen aceras o las mismas son demasiado estrechas, significando esto un peligro enorme para los peatones y mucha inseguridad para los conductores que por esta razón deben reducir la velocidad lo cual disminuye la capacidad de la calzada. Por todo esto la inexistencia de las aceras en las ciudades no se debería dar nunca, por lo que es necesario solucionar este problema.

Las aceras en ocasiones se convierten en elementos muy difíciles de diseñar, debido a que en algunos lugares la necesidad de varios servicios obliga a disponer de muchos elementos superficiales tales como semáforos, postes, elementos de señalización, columnas u obstáculos de alumbrado, armarios para servicios eléctricos, elementos de mobiliario urbano, etc., y debido a esto a veces resulta difícil el poder ordenar adecuadamente cada uno de estos para la comodidad de los usuarios.

### **2.6.3. Bordillos**

Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de las vías de acuerdo a su función se pueden clasificar a los bordillos en tres tipos:

- a) Bordillos traspasables.- Son los que tiene como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia o necesidad. Estos tienen un talud que suele ser de 1 a 1 o 2 a 1. Reducen el ancho efectivo de la calzada (por alejarse los vehículos de ellos) en unos 20 cm de día, pero la reducción por la noche es nula.
- b) Bordillos barrera normales.- Son los más usados en nuestras ciudades, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir fácilmente a las aceras y atropellar a los peatones o invadir zonas dedicadas a césped. Tiene de 15 cm de altura en adelante pero no deben pasar de 20 cm a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos. Por lo tanto los vehículos pueden traspasarlo en caso de necesidad muy urgente, aunque dando fuertes golpes si no reducen su velocidad considerablemente. Restringen el ancho de las calzadas de 0,3 a 0,9 m.
- c) Bordillos barrera altos.- Tiene más de 20 cm de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales como puentes, viaductos o junto a precipicios. Pueden ser de tipo escalonados, los carriles adyacentes a estos bordillos deben ser de 0,75 a 1,8 más anchos que lo normal.

#### **2.6.4. Puentes**

Un puente es una construcción que permite salvar un accidente geográfico como un río, un cañón, un valle, una carretera, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua o cualquier otro obstáculo físico. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y de la naturaleza del terreno sobre el que se construye.

Su proyección y su cálculo pertenecen a la ingeniería estructural, siendo numerosos los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia, influidos por los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores. Al momento de analizar el diseño de un puente, la calidad del suelo o roca donde habrá de apoyarse y el régimen del río por encima del que cruza son de suma importancia para garantizar la vida del mismo.

En las grandes ciudades los puentes urbanos son como un monumento arquitectónico que embellecen las ciudades, la tecnología moderna ha permitido que un puente como tal cumpla doble función como ser vehicular y también peatonal.

Los puentes por su longitud son estructuras sin límites como por ejemplo, los puentes que se construyen en el continente asiático, pueden tener cientos de metros y cubren grandes luces sin ningún problema, con la diferencia que son estructuras que hacen que invierta grandes cantidades de dinero.

En nuestro país se construyen puentes urbanos con grandes luces como por ejemplo los trillizos en la ciudad de La Paz, actualmente se está construyendo en la ciudad de Tarija, el puente 4 de Julio sobre el río Guadalquivir que por su arquitectura publicada es un puente con una fuerte inversión con doble función es decir vehicular y peatonal.

Los puentes urbanos, son ubicados en lugares donde ya existen vías urbanas consolidadas y que más bien responden a una ubicación forzada del lugar.

#### **2.6.4.1. Emplazamiento de puentes**

En el trazado de una vía, bien sea esta una carretera ó una vía férrea, una avenida, una calle, se deben atravesar obstáculos entre los cuales se pueden señalar como los más frecuentes los siguientes:

- Un río.
- Una depresión natural del terreno.
- Otra vía.

Para salvar esos obstáculos se deben diseñar estructuras, las cuales son internacionalmente conocidas con el nombre de obras de arte, las obras de arte se dividen en dos grupos que son:

- Obras de arte mayor: Son aquellas que tienen una longitud mayor de 6m.
- Obras de arte menores: Aquellas con longitud menor ó igual a 6m.

Es preciso aclarar que esta definición es totalmente norteamericana y que ha sido utilizada por muchos países de Latinoamérica.

Entre las obras de arte mayores están incluidos los puentes, aunque existen los puentes llamados de luz corta, con longitud menor que 6 metros y que en su análisis tienen que ser tratados igual que la obra de fábrica mayor.

Entre las obras de arte menor se encuentran las alcantarillas, aunque hay que señalar que una alcantarilla de cajón de varias hiladas puede tener una longitud mayor que 6 metros.

De lo anterior se infiere que la definición dada inicialmente tiene casos particulares y que este criterio dado inicialmente es un criterio que se maneja de forma general.

Hay Países que consideran para este criterio otras longitudes para definir cuando estamos frente a un puente. Véase a continuación la consideración que en este sentido adoptan países miembros del PIARC.

**Cuadro 2.1: Definición de puentes**

<b>Administración</b>	<b>País</b>	<b>Definición de puente</b>
Ministerio de transporte provincia de Quebec	Canadá	$L > 4,5\text{m}$
Administración nacional de Carreteras	Noruega	$L \geq 2,5\text{ m}$
Ministerio de Transporte	Países Bajos	$L > 4\text{m}$
Administración nacional de Carreteras	Suecia	$L > 3\text{m}$
Oficina nacional de Carreteras	Suiza	$L \geq 3\text{m}$
Secretaría de transporte de Nueva Jersey	EE.UU.	$L > 3\text{m}$

**Fuente:** Diseño y construcción de puentes. Guillermo Godínez Melgares

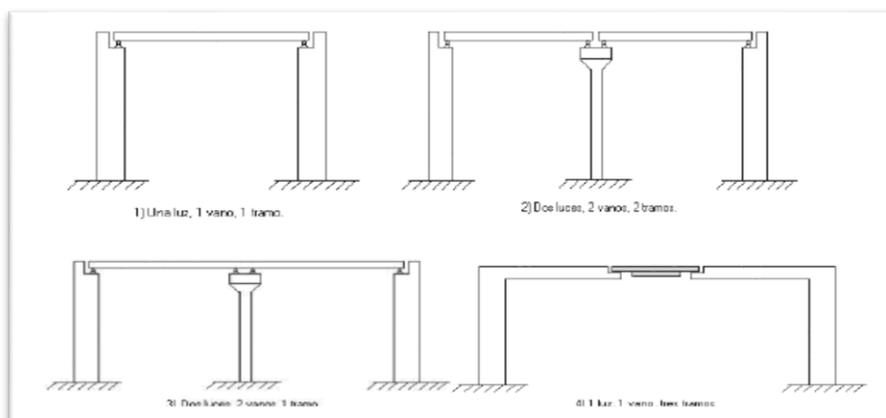
### **Definiciones relativas a los puentes:**

Concepto de: luz, vano y tramo.

Luz: Es la distancia existente entre los ejes de dos dispositivos de apoyo consecutivos.

Vano: Es la distancia existente de cara a cara de dos pilas contiguas o de cara a cara del estribo y la pila (si el puente es de una luz será de cara a cara de los estribos).

**Figura 2.1: Concepto de luz, vano y tramo**



**Fuente:** Diseño y construcción de puentes. Guillermo Godínez Melgares

#### 2.6.4.2. Clasificación de los puentes atendiendo al obstáculo a salvar

Puentes: puentes de uso público, viaductos, pasos.

**Puentes de uso público:** son obras de arte construidas sobre ríos, quebradas y pasos superiores, en los caminos públicos, o en las calles o avenidas que se encuentren dentro de los límites urbanos de una población.

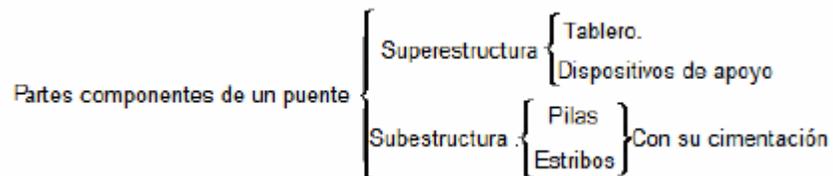
**Viaducto:** salva una depresión natural del terreno, el mar, lago, laguna, ladera de una montaña y en general cualquier obstáculo que tenga poca movilidad o ninguna.

**Paso:** Salva otra vía: si elevamos por encima la vía que se construye, se llama paso superior y si pasa por debajo se llama paso inferior.

Aquí se ha dado una clasificación de los puentes atendiendo al obstáculo a salvar, pero es posible dar muchas otras. Una clasificación muy importante es la de los puentes atendiendo a la función que realizan, es decir:

1. Puentes para permitir el paso de vehículos o trenes: puentes, viaductos y Pasos.
2. Puentes para permitir el paso de personas: Pasarela.
3. Puentes para conducir fluidos:
  - Acueducto - Para conducir agua.
  - Gaseoducto - Para conducir gas.
  - Oleoducto - Para conducir aceites, petróleo, etc.

**Figura 2.2: Partes componentes de un puente**



**Fuente:** Diseño y construcción de puentes. Guillermo Godínez Melgares

### 2.6.4.3. Tipos de estudio para la construcción de puentes

#### 2.6.4.3.1. Estudios de campo

Estos estudios que deben ser realizados en el campo con el objetivo de realizar posteriormente el trabajo en el gabinete. Estos deben realizarse con cuidado y buen criterio pues de nada sirve realizar un proyecto que pueda estar basado en datos erróneos. Se expone a continuación una clasificación para éstos:

- Estudios topográficos.
- Estudios hidrológicos e hidráulicos.
- Estudios de cimentación.
- Estudios de construcción.
- Estudios de tránsito.

Los estudios topográficos se refieren a un estudio de la topografía del lugar o posibles lugares de cruce. Los hidrológicos e hidráulicos se refieren a la determinación del gasto de diseño para una determinada precipitación pluvial con una probabilidad dada y los hidráulicos se refieren a la determinación del nivel de agua para la crecida señalada y al cálculo de las perturbaciones hidráulicas si hay constricción a la corriente de agua.

Los estudios de cimentación se refieren a las características del suelo en el lugar de cruce.

Los estudios de construcción se refieren a la forma en que se va a ejecutar la obra una vez realizado el proyecto.

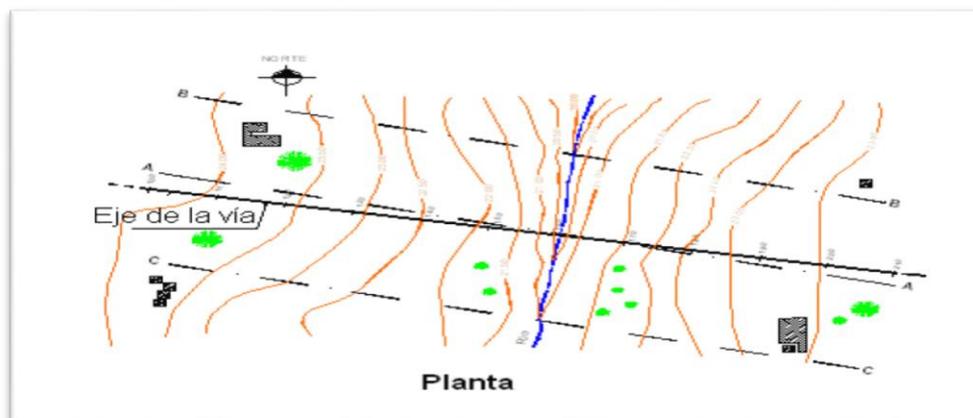
Los estudios de tránsito son realizados por el Ingeniero vial. El ancho de carretera determina el ancho de puente.

### Estudios topográficos:

Uno de los estudios más importantes a realizar cuando se desea hacer el proyecto y ejecución de un puente es el estudio topográfico. Se conoce que con un cartográfico preferiblemente a escala 1/25000 es posible determinar el lugar de cruce donde el mismo se desea realizar. También con este plano se puede definir el área de cuenca que le tributa al lugar del cruce.

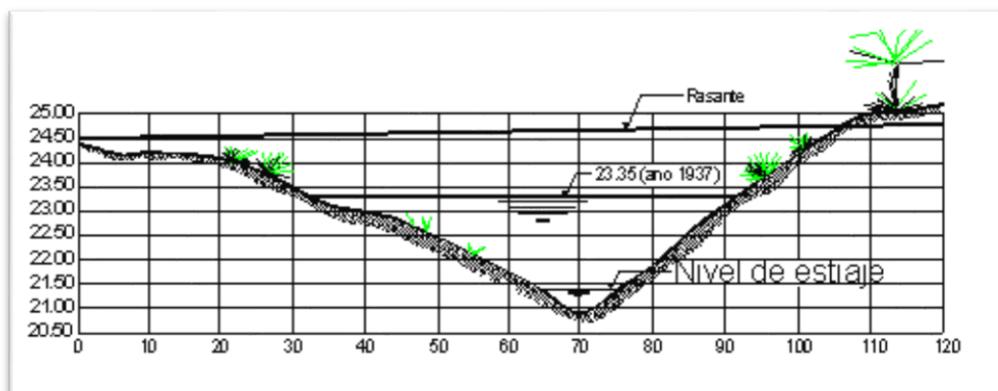
Una vez definido esto y con visitas al lugar donde se piensa construir el puente, se procede a realizar un levantamiento topográfico en el cual de manera sintética mostramos a continuación:

**Figura 2.3: Vista en planta del sitio de cruce**



**Fuente:** Diseño y construcción de puentes. Guillermo Godínez Melgares

**Figura 2.4: Perfil por el eje de la vía**



**Fuente:** Diseño y construcción de puentes. Guillermo Godínez Melgares

### **Estudios hidrológicos e hidráulicos:**

Este aspecto es de vital importancia, pues entre los factores de naturaleza físico-geológica que vulneran a las vías y sus obras de arte se ha comprobado que el factor más vulnerador es precisamente el referido a la acción del agua.

De aquí se desprende la importancia que tiene los estudios hidrológicos e hidráulicos en el emplazamiento de los puentes y otras obras de arte para poder garantizar en ellos una seguridad adecuada ante los agentes atmosféricos señalados, así como frente al efecto de lluvias intensas.

### **Estudios hidráulicos:**

Se vio que en los estudios hidrológicos se determina el gasto de diseño para una probabilidad dada en función de la importancia de la obra.

En los estudios hidráulicos se determina el nivel de agua correspondiente a ese gasto, pero si existe restricción a la circulación de la corriente, el estudio hidráulico debe ser complementado con el análisis de las perturbaciones hidráulicas provocadas por esa restricción.

### **Estudios de cimentación:**

Los estudios de cimentación son importantes sobre todo por la repercusión económica que estos tienen, pues el tipo de suelo existente en el sitio en el lugar de cruce conlleva a:

- Tipo de cimentación a utilizar.
- Magnitud de las luces que tendrá el puente.
- Tipo de estructura de puente.

## **2.7. PARÁMETROS FUNDAMENTALES**

### **2.7.1. Volumen e intensidad**

**Volumen.-** El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el Volumen de Tráfico Diario (T. D.).

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el Volumen de Tráfico Anual (TA.).

El Tráfico Anual (TA.) y el Tráfico Diario (TD.) están relacionados a la factibilidad y la estadística técnico-económica.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el Volumen de Tráfico Horario (TH.).

El Tráfico Horario está estrechamente ligado a la determinación de número de carriles, el ancho de plataforma y algunas características geométricas en el alineamiento horizontal y vertical de carreteras.

El Tráfico Promedio Diario (TPD), sirve para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

El TPD, en general, es representativo de los volúmenes vehiculares en determinada época del año. El período de conteo, debe ser superior a tres y menor a treinta días.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 horas al día durante y los 365 días del año.

Los volúmenes de tráfico (TPDA) y (TPD), sirven para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

**Intensidad.-** Es el dato básico para la realización de cualquier estudio de planeamiento y explotación de redes varias, la intensidad de circulación. Para conocerla es necesaria contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación puede realizarse manualmente o por medio de aparatos especiales y puede hacerse clasificando más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan.

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos / Hora y vehículos / día. Cuando se emplea como unidad los vehículos / hora se habla de

intensidad horaria, y cuando se utilizan los vehículos / día se habla de la intensidad diaria.

La intensidad es la característica más importante de la circulación vial ya que las demás pueden relacionarse con ella más o menos fácilmente.

Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o automáticamente utilizando aparatos contadores. Estos aforos se realizan durante periodos más o menos largos, y se obtiene así un registro de los valores de la intensidad durante dichos periodos.

La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Como valor representativo de la misma durante el periodo de medida, se suele adoptar la intensidad diaria (u horaria si el periodo de medida es menor a un día) media de todas las registradas. Generalmente el periodo de aforo se extiende durante un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras, y se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido entre 365.

### **2.7.2. Velocidad**

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte. En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniforme la velocidad deseada. Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para lo que diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

### **2.7.3. Densidad**

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede medir por ejemplo, obteniendo una fotografía de una tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él. Pero realmente esta magnitud rara vez se mide, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad o intensidad.

Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están en fila, sin huecos entre ellos. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles. En estas condiciones los vehículos están parados, ya que le resultaría imposible moverse, incluso a pequeña velocidad, sin golpearse unos a otros.

Se ha comprobado que la libertad de maniobra y separación de estos vehículos son altamente valores por los conductores en relación con la calidad de servicio de circulación.

La distancia entre dos vehículos ( $d$ ) sumada a la longitud del vehículo ( $L$ ) es el intervalo espacial o espaciamiento ( $s$ )

$$S = d(\text{intervalo hueco}) + L(\text{vehículo})$$

Esta variable tiene un valor medio o espaciamiento medio  $S_o$  cuya inversa es por definición la densidad:

$$D = \frac{1}{S_o}$$

Consecuentemente la densidad es una variable que explica directamente la valoración que hacen las condiciones de la calidad de la circulación, de ahí el interés en utilizar esta variable.

## **2.8. CONCEPTOS GENERALES DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO**

Se puede afirmar que en efecto existen ciertas relaciones entre diferentes variables que componen el tráfico. Asimismo, también es cierto que existe alguna posibilidad de análisis matemático, conducido por las investigaciones que han realizado los ingenieros de tráfico así mismo un estudio de tráfico se debe atender los componentes conocidos como: capacidad y nivel de servicio.

### **2.8.1. Capacidad vial**

Se define como capacidad a una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo normalmente de una hora para unas condiciones particulares de la vía y del tráfico. Dicho de otra forma, es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

### **2.8.2. Nivel de servicio**

Se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario.

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía:

Velocidad a la que se puede circular por ella.

Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.

Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves y otros.

Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.

Costes de funcionamiento.

Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que si son cuantificables: la velocidad de servicio y el índice de servicio.

- a) **Velocidad de servicio.-** Se define como la mayor velocidad media de recorrido que puede conseguir un conductor que circule por un tramo de carretera en buenas condiciones meteorológicas y bajo unas determinadas condiciones de tráfico. Estadísticamente, es aquella que solo supera el 5% de los vehículos.
- b) **Índice de servicio.-** Relación ente intensidad de tráfico y la capacidad de la vía. Dado un determinado nivel de servicio, se define intensidad de servicio como la máxima posible para que se mantenga un determinado nivel de servicio. Caso de superarse, se entraría en un nivel de servicio más bajo.

Donde se definen seis niveles de servicio, estos niveles se hallan de la A, B, C, D, E y F en un orden decreciente de calidad.

## CAPÍTULO III

### PARÁMETROS DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR

#### 3. PARÁMETROS DEL COMPORTAMIENTO VEHICULAR.

##### 3.1. GENERALIDADES

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico. Se hace necesaria entonces la planeación integral del transporte: integración del transporte y los usos del suelo, la cual debe abordar la relación entre movilidad/accesibilidad y los modelos de crecimiento urbano. Por tanto se ve la necesidad de la realización de estudios, procedimientos de aplicación de las diferentes metodologías y desarrollos en este campo cuyo modelo de crecimiento urbano, se manifiesta en la congestión del tráfico vehicular.

**Solución al problema de tránsito.-** Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

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

**Solución parcial de alto costo.-** Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

**Solución parcial de bajo costo.-** Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito así como la disciplina y educación de parte del usuario.

### **3.2. VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de tránsito generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, llenando así una serie de satisfacciones y oportunidades ofrecidas por el medio ambiente circundante. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de semana o en horas específicas del día.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de calidad del servicio prestado a los usuarios.

#### **3.2.1. Definición**

Se define como volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado. Se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Dónde:

$Q$  = Vehículos que pasan por una unidad de tiempo (vehículos / hora)

$N$  = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

$T$  = Periodo determinado (unidad de tiempo)

### 3.2.2. Tipos de volúmenes

#### 3.2.2.1. Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

**Transito Anual (TA).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso,  $T = 1$  año.

**Transito Mensual (TM).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso,  $T = 1$  mes.

**Transito Semanal (TS).**- Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso,  $T = 1$  semana.

**Transito Diario (TD).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso,  $T = 1$  día.

**Transito Horario (TH).**- Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso,  $T=1$  hora.

**Tasa de flojo o flujo (q).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  hora.

#### 3.2.2.1. Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de transito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor a un día, dividido entre el número de días de periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de transito promedio diarios, dados en vehículos por día:

**Transito promedio diario anual (TPDA)**       $TPDA = \frac{TA}{365}$

**Transito promedio diario mensual (TPDM).**       $TPDM = \frac{TM}{30}$

**Transito promedio diario semanal (TPDS)**       $TPDS = \frac{TS}{7}$

### 3.2.2.2. Volúmenes de tránsito horarios

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

**Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).**- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

**Volumen Horario de Proyecto (VHP).**- Es el volumen de transito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.

### 3.2.3. Procedimiento de aforos de volúmenes

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

Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento)

Estudios prioritarios de construcción

Estudios prioritarios de señalización

Estudios de accidentes en la zona

Estudios para solucionar congestionamientos

#### 3.2.3.1. Métodos de aforo

##### Método manual

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

Composición vehicular

Flujo direccional y por carriles

### Volúmenes totales

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

### **Método mecánico**

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

- Detectores neumáticos.- Consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.
- Contacto eléctrico.- Consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.
- Fotoeléctrico.- Consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.
- Radar.- Lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.
- Fotografías.- Se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos.

### **3.2.4. Uso de los volúmenes de tránsito**

Desde un punto de vista general, se utilizan los datos de volúmenes de tránsito para el estudio en el siguiente campo:

#### **Ingeniería de tránsito**

Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades, caracterización de flujos vehiculares, zonificación de velocidades, necesidad de dispositivos para el control de tránsito y estudio de estacionamientos.

### **3.2.5. Composición de los volúmenes de tránsito**

La variación de los volúmenes de tránsito por carriles presenta las siguientes características:

- En vías urbanas de 3 o más carriles de operación en un sentido, la mayor velocidad y capacidad se desarrolla en el carril del medio, las paradas de autobuses y los giros a derecha e izquierda hacen que la circulación en los carriles laterales sea más lento.
- En carreteras, el carril cercano a la faja separadora central es utilizado por vehículos más rápidos y para rebases, presenta mayores volúmenes de tráfico en el carril inmediato al acotamiento.
- En autopistas, se presentan mayores volúmenes en el carril cercano a la faja separadora central.

### 3.2.5.1. Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varias días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquier de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo,  $q_{\text{máx}}$ , que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{\text{máx}})}$$

Dónde:

N= Número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{max})}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastantes menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

### **3.2.6. Volúmenes de tránsito futuro**

#### **Pronóstico del volumen de tránsito futuro**

El tránsito futuro es el volumen de tráfico que tendrá la vía cuando esté completamente en servicio. Está compuesto por el tránsito actual y el incremento del tránsito al año de proyecto.

#### **Índices de crecimiento**

Se puede pronosticar también el tránsito futuro mediante índices de crecimiento aplicados a métodos aritméticos y geométricos. El método aritmético se utiliza para poblaciones pequeñas con volúmenes bajos de tráfico, su expresión es la siguiente:

$$TF = TA(l + ni)$$

Dónde:

n = Número de años

i = Tasa o rata de crecimiento

El método geométrico se utiliza para poblaciones con volúmenes de tráfico alto, su expresión es la siguiente:  $TF = TA(l + i)^n$

### **3.3. VELOCIDAD**

#### **3.3.1. Definiciones**

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto. Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

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

Dónde:

v = Velocidad constante (km/h)

d = Distancia recorrida (km)

t = Tiempo de recorrido (h)

#### **3.3.2. Tipos de velocidades**

##### **3.3.3. Velocidad de punto**

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

### **3.3.4. Estudio de velocidades de punto**

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

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

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

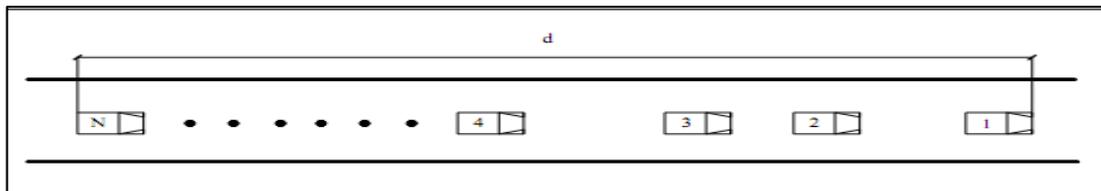
### **3.3.5. Aforo de velocidades**

Para el estudio de velocidades de punto se recurre a mediciones en puntos determinados, donde se medirá la velocidad mediante las mediciones de un tramo específico y el

tiempo en el que los vehículos circulan en dicho tramo, donde se puede determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en el tramo, por medio de una gran cantidad de muestras.

Las mediciones se las debe elaborar en las horas pico ya determinadas en el estudio de tráfico.

**Figura 3.1: Aforo de velocidades**



**Fuente:** Ingeniería de Tránsito de Rafael Cael y Mayor R & James Cárdenas

### 3.4. CAPACIDAD VEHICULAR

#### 3.4.1. Principios y conceptos generales de capacidades

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un periodo determinado bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Refleja la habilidad de la vía para acomodar una corriente de movimiento de vehículos. El Nivel de Servicio es una medida de la calidad de fluidez. La Capacidad y Nivel de Servicio estimados son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones en la Ingeniería de Tráfico y Planes de Transportación.

#### Criterios de análisis de capacidad y nivel de servicio

Los factores externos que afectan el nivel de servicio, como los físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, como por ejemplo de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en el lapso. Para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un periodo de máximo dentro de la hora de

máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos, y como se analiza en este capítulo, sobre el volumen, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Dónde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$q_{max}$  = Flujo máximo durante 15 minutos

Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad como el principal factor usado para identificar el nivel de servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen, además de la velocidad media de recorrido, dos nuevos factores: la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

En cualquiera de los casos un factor primordial para valorar el grado de utilización de la capacidad de un sistema vial y, por consiguiente, su nivel de servicio, es la relación entre el flujo y la capacidad ( $q/q_{max}$ ,  $v/c$ ), ya sea entre el flujo de demanda y la capacidad, o bien la relación entre el flujo de servicio y la capacidad, según el problema específico. En situaciones donde se conoce la demanda y la capacidad y se desea determinar el nivel de servicio,  $q = v$  representa el flujo de demanda. En el caso cuando se conoce la capacidad y se especifica un determinado nivel de servicio,  $q = v$  representa el flujo de servicio posible con dicho nivel.

En condiciones ideales, el flujo de servicio siempre será una fracción de la capacidad.

La determinación de estos factores y los procedimientos de análisis están contenidos en los manuales de HCM. Se resalta que el Manual de Capacidad en Carretera de 1985 editado por la Junta de Investigación de Transporte de Estados Unidos, constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre la capacidad de carreteras y calles, y

aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad en Estados Unidos, se ha utilizado en otros países con resultados muy positivos, y en donde los procedimientos los han permitido, se ha incorporado información de estudios locales, adaptando el Manual a las condiciones propias de cada país.

La capacidad de una infraestructura vial es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo, o las condiciones del tránsito. Por esta razón, los análisis de capacidad se realizan aislando las diversas partes del sistema vial, como en tramo recto; un tramo con curvas; un tramo con pendientes; el acceso a una intersección; un tramo de entrecruzamiento; una rampa de enlace; etc.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

- El flujo y la capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la carretera o calle.
- El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo de la carretera o calle. Dicho tramo, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su capacidad. Las variaciones en capacidad provienen de cambios en anchura, por pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc. Las variaciones de flujo se originan por cierta cantidad de vehículos que entran y salen del tramo en ciertos puntos a lo largo de él. El nivel de servicio del tramo debe tomar en cuenta, por lo tanto, el efecto general de estas limitaciones.
- Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio con variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Por lo que corresponde a la capacidad, se requieren el tipo de infraestructura vial, sus características geométricas, la velocidad media de recorrido, la composición del tránsito y las variaciones del flujo. Por lo que toca al nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren incluyen la densidad, la velocidad media de recorrido, las demoras y la relación flujo a capacidad.
- Por razones prácticas se han fijado valores de densidades, velocidades medias de recorrido, demoras y relaciones de flujo a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, carreteras de carriles múltiples, carreteras de dos

carriles, calles, intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforo o de prioridad.

- El criterio utilizado para una identificación práctica de los niveles de servicio de las diversas infraestructuras viales, establece que se deben considerar las medidas de eficiencia mostrada en la tabla siguiente.

**Cuadro 3.1: Medidas de eficiencia**

<b>Tipo de infraestructura vial</b>	<b>Medidas de eficiencia</b>
Autopistas	
Segmentos básicos de autopistas	Densidad (Vehículo Ligero / km / carril)
Entrecruzamientos	Velocidad media de recorrido (km / h)
Rampas de enlace	Tasas de flujo (vehículo Ligero / h)
M Carreteras	Densidad (Vehículo Ligero/ km / carril)
Multicarriles	Demora porcentual (%) y velocidad media de recorrido
De dos carriles	
Intersecciones con semáforos	Demora media individual por paradas (seg./veh.)
Intersecciones sin semáforos	Capacidad remanente (Vehículo Ligero/ h)
Arterias	Velocidad media de recorrido (km / h)
Transporte colectivo	Factor de carga (personas / asiento)
Peatones	Espacio (m <sup>2</sup> / peatón)

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4.2. Tipos de vías de capacidad

Para el análisis de este parámetro de tráfico se ha establecido por las entidades investigadoras una sub-división a partir del tipo de vía teniendo los siguientes tipos:

**Vías ininterrumpidas.-** Es cuando no hay elementos externos que detengan el flujo de vehículos.

**Vías interrumpidas.-** Las vías interrumpidas son aquellas que por la presencia de flujos transversales al flujo principal son interrumpidos en forma periódica en este caso están

todas las vías urbanas. Porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadrangular con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que se permite un flujo transversal al flujo principal.

**Determinación de la capacidad.-** Para determinar la capacidad de vías interrumpidas la ecuación que no permite es:

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

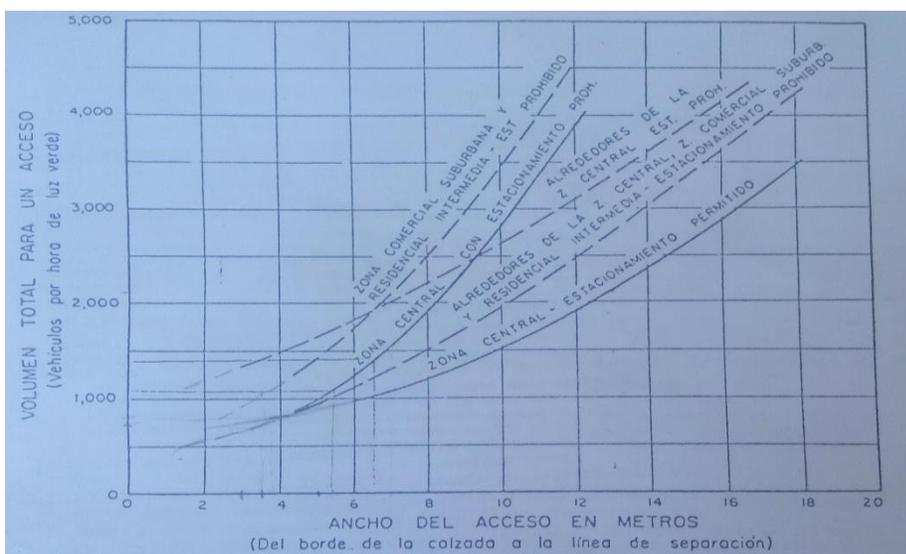
$$C_{Prac} = C_{Ideal} * 0.9$$

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

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

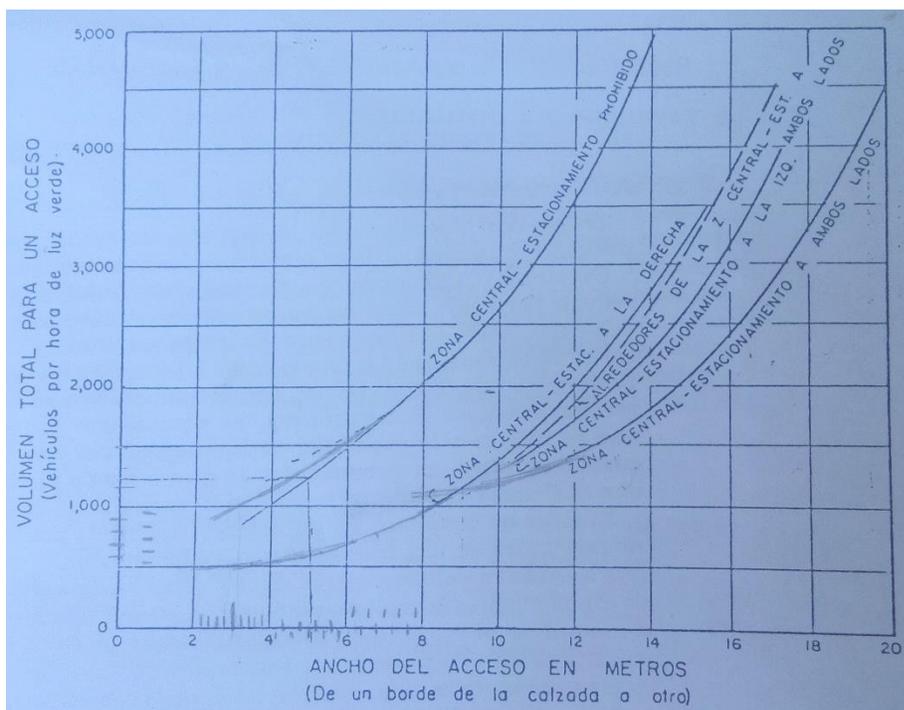
Estos gráficos son utilizados para determinar la capacidad en calles.

**Figura 3.2: Capacidad ideal para Accesos de dos sentidos**



**Fuente:** Manual de Ingeniería de Tránsito – Guido Radelat

**Figura 3.3: Capacidad ideal para accesos de un solo sentido**



**Fuente:** Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

### 3.4.3. Factores que afectan la capacidad

En la capacidad existen varios factores que influyen y reducen la capacidad de las calles, de entre ellas la mayoría de las normas han hecho énfasis de las tres más importantes que son:

Vehículos Pesados

Movimientos de giros (izquierda y derecha)

Estacionamientos

En el nivel de servicio se distinguen factores internos y externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

### 3.4.4. Condiciones que definen los niveles de servicio

La densidad es el parámetro usado para definir los niveles de servicio en secciones básicas de autopista, ya que la misma se incrementa al igual que el flujo hasta la capacidad. Los rangos de densidad, velocidad y flujo para cada nivel de servicio.

### 3.4.5. Tipos de niveles de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de ser percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles, que se ilustran en las fotografías, para sistemas de circulación continua son:

**Nivel de servicio A.-** Describe operaciones de libre fluidez, velocidades de libre fluidez prevalecen. Los vehículos son casi completamente libres de maniobrar dentro el tráfico aun en la máxima densidad del NS A, el promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 530 pies (161.5 m) ó 26 longitudes de vehículo lo cual permite al motorista un alto nivel de confort físico y psicológico. Los efectos de incidentes o puntos de colapso son fácilmente absorbidos en este nivel.

**Figura 3.4: Nivel de servicio A**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

**Nivel de servicio B.-** Representa una libre fluidez razonable, y la velocidad a flujo libre es mantenida. El más bajo promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 330 pies (100.6 m.) o 17 longitudes de vehículo. La habilidad para maniobrar dentro del flujo de tráfico está ligeramente restringida, y el nivel general de confort físico y psicológico proveído a los conductores es aún alto. Los efectos de incidentes menores y puntos de colapso aún son fácilmente absorbidos.

**Figura 3.5: Nivel de servicio B**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

**Nivel de servicio C.-** Provee un flujo con velocidades iguales o cercanas a la velocidad de flujo libre de autopista. La libertad de maniobrar dentro del flujo de tráfico es notablemente más restringido en el NS C y los cambios de vía requieren más cuidado y vigilancia por parte del conductor. El promedio mínimo de espacio entre vehículos está en el rango de 220 pies (67 m.) u 11 longitudes de vehículo. Incidentes menores aún pueden ser absorbidos, pero la deterioración local del servicio será sustancial. Se puede esperar la formación de filas detrás de cualquier bloqueo significativo.

**Figura 3.6: Nivel de servicio C**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

**Nivel de servicio D.-** Es el nivel en el cual la velocidad empieza a declinar ligeramente con el incremento del flujo. La densidad empieza a incrementarse algo más rápidamente con el incremento del flujo.

**Figura 3.7: Nivel de servicio D**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

La libertad de maniobrar dentro el flujo de tráfico es notablemente más limitado, y el conductor experimenta un reducido nivel de confort físico y psicológico. Puede esperarse que cualquier incidente pueda crear filas debido a que el flujo de tráfico tiene un pequeño espacio para absorber turbulencias. El porcentaje mínimo de espaciamiento de vehículos es de aproximadamente 165 pies (50.3 m.) u ocho longitudes de vehículo.

**Nivel de servicio E.-** Describe las operaciones en capacidad, las operaciones en este nivel, virtualmente no se tienen espacios usables en el flujo de tráfico. Los vehículos

están espaciados aproximadamente seis longitudes de vehículo, dejando un pequeño espacio para maniobrar dentro del flujo de tráfico a velocidades que aún están sobre las 49 mi/h (78.9 km/h). Cualquier interrupción en el flujo de tráfico, tal como los vehículos entrando de una rampa o un vehículo cambiando de carril puede establecer una onda de interrupción que se propaga a través del flujo del tráfico corriente arriba. En cuanto a la capacidad, el flujo de tráfico no tiene la habilidad para disipar ni siquiera la menor interrupción, y puede esperarse que cualquier incidente produzca un serio colapso con una extensa fila o enfilamiento vehicular. La maniobrabilidad dentro el flujo de tráfico es extremadamente limitado y el nivel de confort físico y psíquico para el conductor es pobre.

**Figura 3.8: Nivel de servicio E**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)

**Nivel de servicio F.-** Describe colapsos en fluidez vehicular. Tales condiciones generalmente existen dentro las formaciones de fila detrás de puntos de colapso. Tales colapsos ocurren por las siguientes razones:

- Incidentes de tráfico causan una reducción temporal de la capacidad en un corto segmento, así que el número de vehículos llegando a este punto es más grande que el número de vehículos que salen de él.
- En situaciones previstas, cualquier ubicación donde el proyectado flujo en la hora- pico (u otra) excede la capacidad estimada de la ubicación genera un problema.

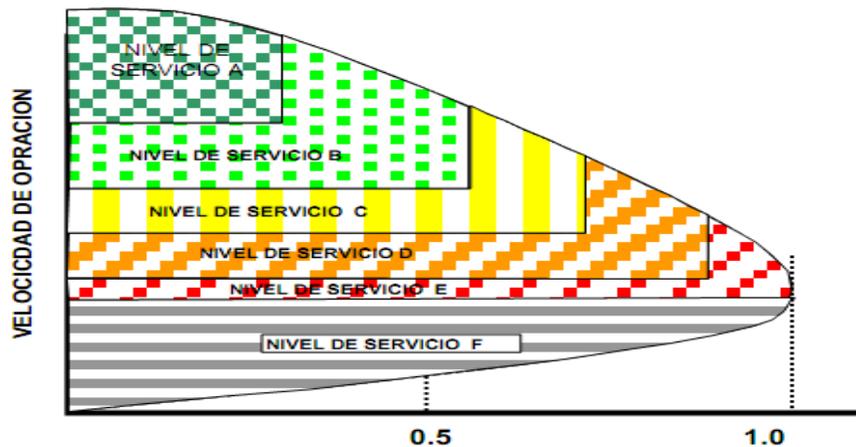
**Figura 3.9: Nivel de servicio F**



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

### 3.4.6. Relación entre capacidad y nivel de servicio

**Figura 3.10:** Relación de los Niveles de Servicio con la Velocidad de Operación y la Relación Volumen Capacidad



Una sección básica de autopista se caracteriza por dos medidas de rendimiento:

1. Velocidad en términos de velocidad media de los vehículos.
2. Relación volumen/capacidad (v/c).

Estas tres medidas están interrelacionadas. Cuando dos de estas se conocen, la tercera se resuelve de inmediato.

La relación entre V/C es lo que se puede decir el índice de serviciabilidad de tráfico y esto está relacionado al nivel de servicio actuante del tráfico, como se puede observar en la tabla a continuación.

**Cuadro 3.2: Índice de Serviciabilidad**

Nivel de servicio		Factor v/c
A	$\leq$	0
B	$\leq$	0,1
C	$\leq$	0,3
D	$\leq$	0,7
E	$\leq$	1
F	$>$	1

**Fuente:** Elaboración Propia

### **Puentes vehiculares**

Los puentes son obras de arte destinadas a salvar una deprecación del terreno, pasos sobre corrientes de agua, o cruces a desnivel, permitiendo la circulación ininterrumpida de peatones vehículos y otros.

Los puentes debido a su gran variedad son muchas las forma en las que se pueden clasificar, las más destacables los siguientes:

Por su longitud

Por su objeto de servicio (camino, ferroviario, peatonal)

Por su arquitectura

Los puentes generalmente son obras complejas, que requieren estudiar los siguientes pasos:

Ubicación de puentes

Tipo de puentes adecuado al lugar

Forma geométrica

### **Ubicación**

Para ubicar puentes urbanos por lo general se sigue dos lineamientos, unos es proyectar un puente dando continuidad a una vía urbana ya consolidada, y otra es proyectar un puente de acuerdo a la planificación urbana.

La ubicación de puentes urbanos sobre un río es una alternativa para poder dar para solucionar un problema de tráfico entre dos o más puntos, y no solo para salvar el paso de un obstáculo.

Por lo general en las ciudades se da el primer caso, el de ubicar puentes en vías ya consolidadas, esto hace que necesariamente se tenga que realizar un estudio de tráfico en la zona para dimensionar el puente vehicular.

## CAPÍTULO IV

### APLICACIÓN PRÁCTICA

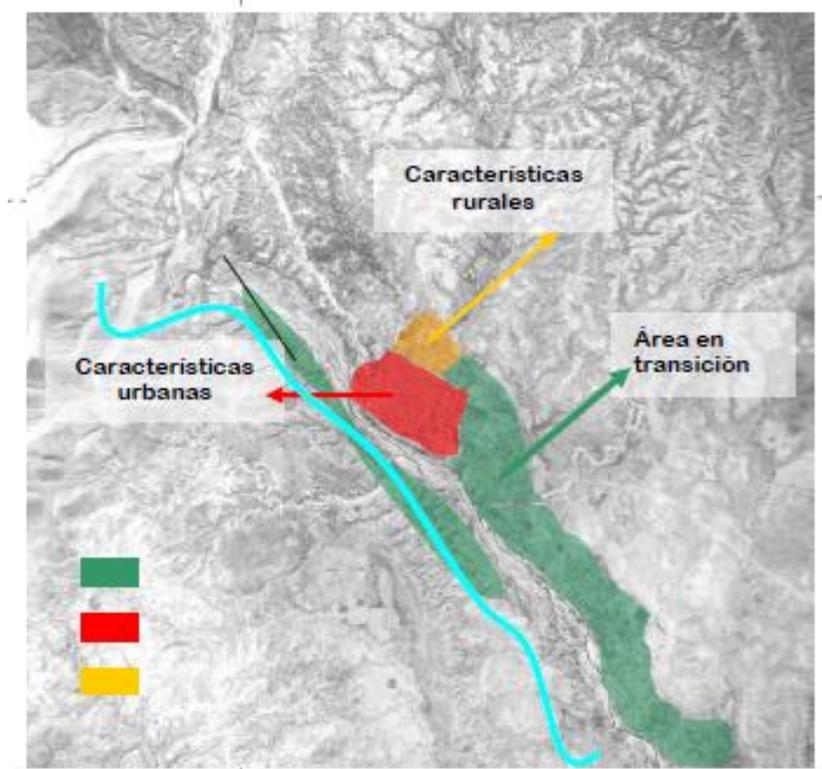
#### 4. APLICACIÓN PRÁCTICA

##### 4.1. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 4.1.1. Crecimiento de la ciudad

En los años 1952 la ciudad de Tarija estaba asentada a orilla del Río Guadalquivir en la margen Izquierda como se puede apreciar en la **Figura 4.1**:

**Figura 4.1: Características Geográficas**



**Fuente:** PMOT Cercado

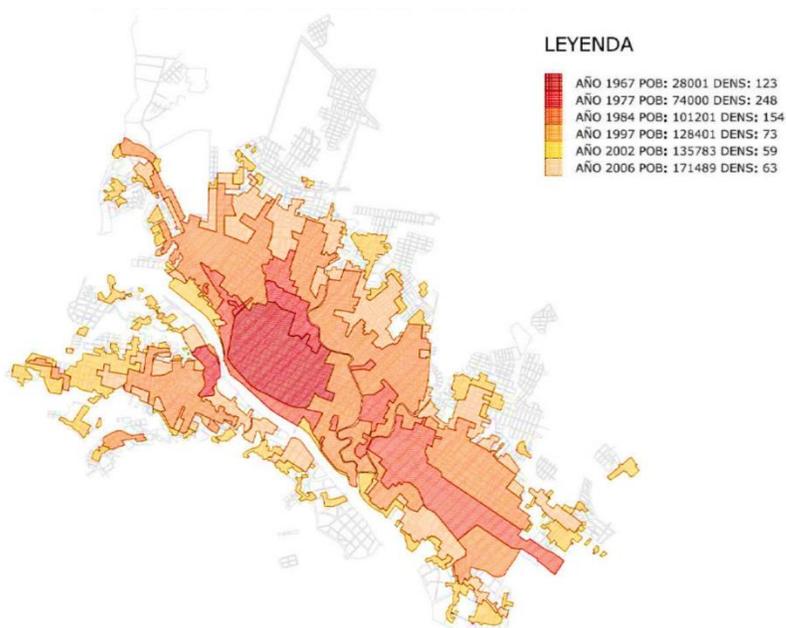
Desde la revolución de 1952 la ciudad ha tenido un crecimiento diferenciado y según la época. El patrón de ocupación territorial se ha caracterizado por ser horizontalmente expansivo, disperso, fragmentado y de baja densidad (42 hab. / Ha), generado por el mercado inmobiliario especulativo, con un marcado desequilibrio en el uso del suelo.

El fortalecimiento continuo de la estructura mono céntrica del sistema de asentamientos, con la dotación de servicios, infraestructura y centralización de funciones urbanas, conjuntamente con el uso desequilibrado del área urbanizada han llevado a que el centro de la ciudad se vea cada vez más deteriorada funcionalmente.

La expansión de la periferia por otra parte, ha llevado a la pérdida de los suelos de producción agrícola o suelos con riesgo de inundación y deslizamientos.

Este patrón ha seguido dos líneas básicas, por un lado: la presencia de equipamientos de impacto, creando polos de desarrollo y dinámicas urbanas particulares que re direccionaron el crecimiento de la mancha y por otro, un libre accionar del mercado inmobiliario que actúa loteando y vendiendo terrenos sin que los organismos de planificación actúen definiendo el uso y la ocupación del mismo; demostrando que la ciudad se encuentra en un estado permanente de cambio

En la actualidad, la estructura urbana es fruto de varios momentos históricos: por un lado, un proceso de consolidación lento generado hasta la década de los 50 que trajo aparejada una acelerada consolidación sobre todo residencial, a partir de esa época el crecimiento se dio por los cuatro puntos cardinales, considerando que en la década del 80 al 90, se incrementaron considerablemente los asentamientos irregulares, el impacto de nuevas infraestructuras viales de escala urbana. La forma en que se produce la consolidación verifica un decrecimiento desde las áreas más próximas al centro hacia los bordes, en cuanto a ocupación del suelo, equipamiento, servicios e infraestructura vial; por consiguiente esta forma se repite en menor escala dentro de cada una de las unidades barriales a medida que se alejan del centro de la ciudad. Por otra parte, la ausencia de ejes direccionales de crecimiento, entre otras cosas, a la falta de jerarquización vial y sobre todo de su proyección.

**Figura 4.2: Estructuración Urbana de la Ciudad de Tarija**

**Fuente:** PMOT Cercado

La imagen anterior muestra la transformación de la estructura urbana de la ciudad de Tarija. Desde su fundación en la que no superaba una superficie de 34 has y una población estimada en 50 habitantes hasta la actualidad en la que la superficie supera las 4000has. A partir de este momento, diferentes hitos sociales y económicos marcaron su evolución, como lo muestra el cuadro siguiente:

**Cuadro 4.1. Análisis histórico de ocupación**

<b>Año</b>	<b>Evento</b>	<b>Superficie Has.</b>	<b>Población</b>	<b>Densidad (Hab./Ha)</b>
1554	Fundación de la ciudad	34	50	1,5
1831	Tarija Capital del Departamento	54	50000	93
1967	Post Guerra del Chaco	237	27221	115
1977	Plan Regulador Urbano	1583	123266	78
2002	Boom del Gas	2411	142273	59
2006	Grandes Inversiones Públicas	4101	171489	42

**Fuente:** Tejas de mi Techo. Bernardo Trigo

**Tabla 4.1: Crecimiento Poblacional**

<b>Año</b>	<b>Hab.</b>
2012	212856
2013	219245
2014	226245
2015	233079
2016	239996
2017	246989

**Fuente:** Elaboración propia

El cuadro expresa el fenómeno de urbanización frente a los hitos históricos que transformaron la ocupación del suelo urbano, situación que se refleja al interior de nuestra ciudad.

Actualmente el Plan de Desarrollo Urbano, que pretendía controlar la expansión urbana, y donde a cada nivel de distritación le correspondía una cierta cantidad de población y un nivel específico de comercio y equipamiento social; ha quedado obsoleto y su reglamentación ya no puede ser aplicada por la poca visión de crecimiento y la falta de actualización y fiscalización constante que tuvo que tener.

A la fecha la ciudad se ha reorganizado en trece distritos que se subdividen en 87 barrios, con superficies muy heterogéneas. De acuerdo al Plan Departamental de Ordenamiento Territorial, Capítulo Uso Urbano, el radio urbano de la ciudad de Tarija tiene una superficie de 4.101 Has., una población de 171.489 habitantes, por lo tanto una densidad de 42 hab./has.

A medida que la ciudad ha crecido en población, así también los barrios del entorno del casco viejo se han consolidado haciendo notar que los asentamientos se dieron sin ninguna planificación y esto ha generado que el Gobierno Autónomo Municipal de la ciudad de Tarija, no pueda dotar de servicios básicos, en algunos casos por motivos de legalidad.

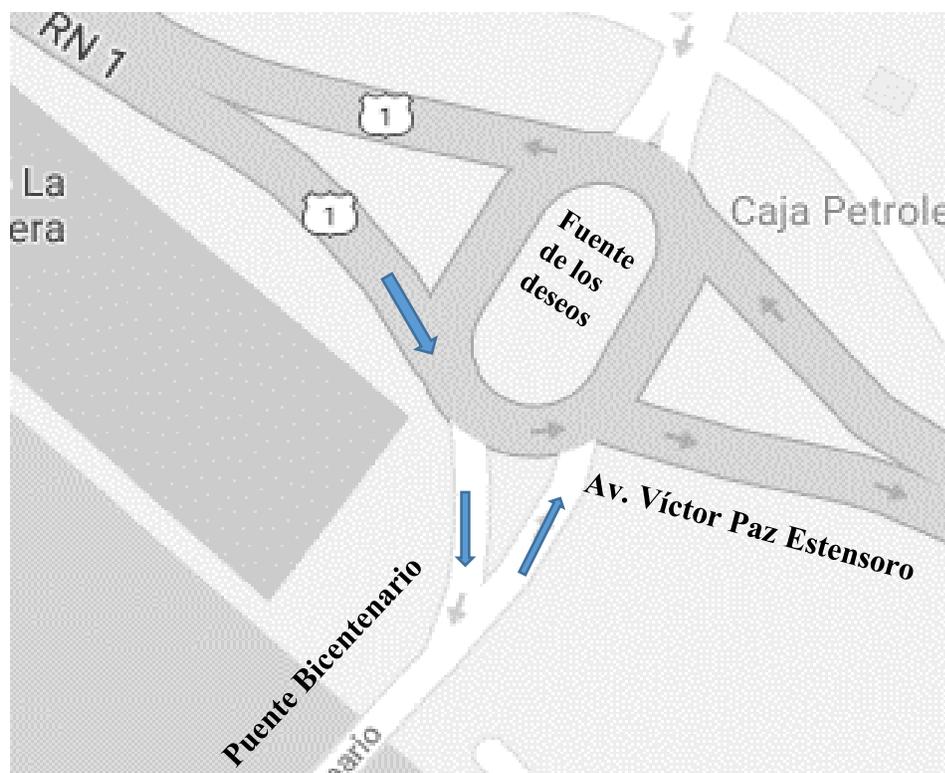
La zona sud oeste de la ciudad hoy en día ha tenido un crecimiento de población muy importante ya que en esta zona, está ubicado el colegio La Salle, el colegio Bancario, el campo ferial de San Jacinto, existen varios edificios multifamiliares, y también se están construyendo condominios cerrados, además se está construyendo en la zona, la villa Olímpica, esto nos muestra que la zona ha tenido un crecimiento muy grande estos

últimos años, y por lo tanto el crecimiento poblacional genera un crecimiento de tráfico muy importante.

#### 4.1.2. Características de los puntos de estudio

**Punto 1.** Av. Víctor Paz Estensoro y puente Bicentenario

**Figura 4.3: Intersección – punto de estudio 1**



**Fuente:** Elaboración propia

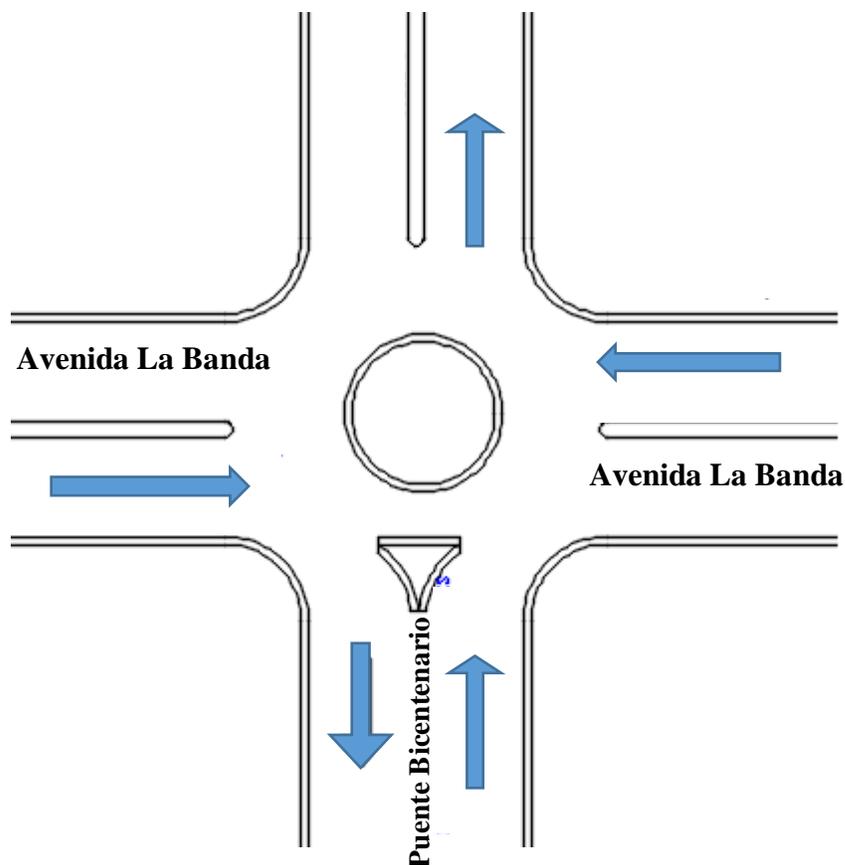
**Tabla 4.2: Descripción de la intersección – punto de estudio 1**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Puente Bicentenario	Av. Víctor Paz Estensoro
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Semaforización	Si	Si

**Fuente:** Elaboración propia

**Punto 2.** Av. La Banda y puente Bicentenario

**Figura 4.4: Intersección – punto de estudio 2**



Fuente: Elaboración propia

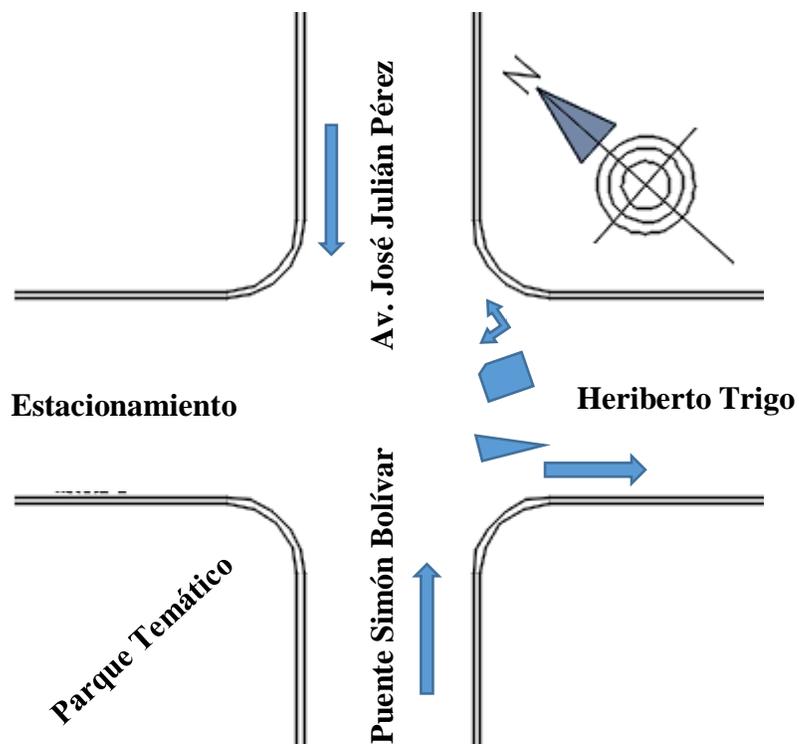
**Tabla 4.3: Descripción de la intersección – punto de estudio 2**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Puente Bicentenario
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Semaforización</b>	No	No

Fuente: Elaboración propia

**Punto 3.** Av. José Julián Pérez, calle Heriberto Trigo y Puente Simón Bolívar

**Figura 4.5: Intersección – punto de estudio 3**



Fuente: Elaboración propia

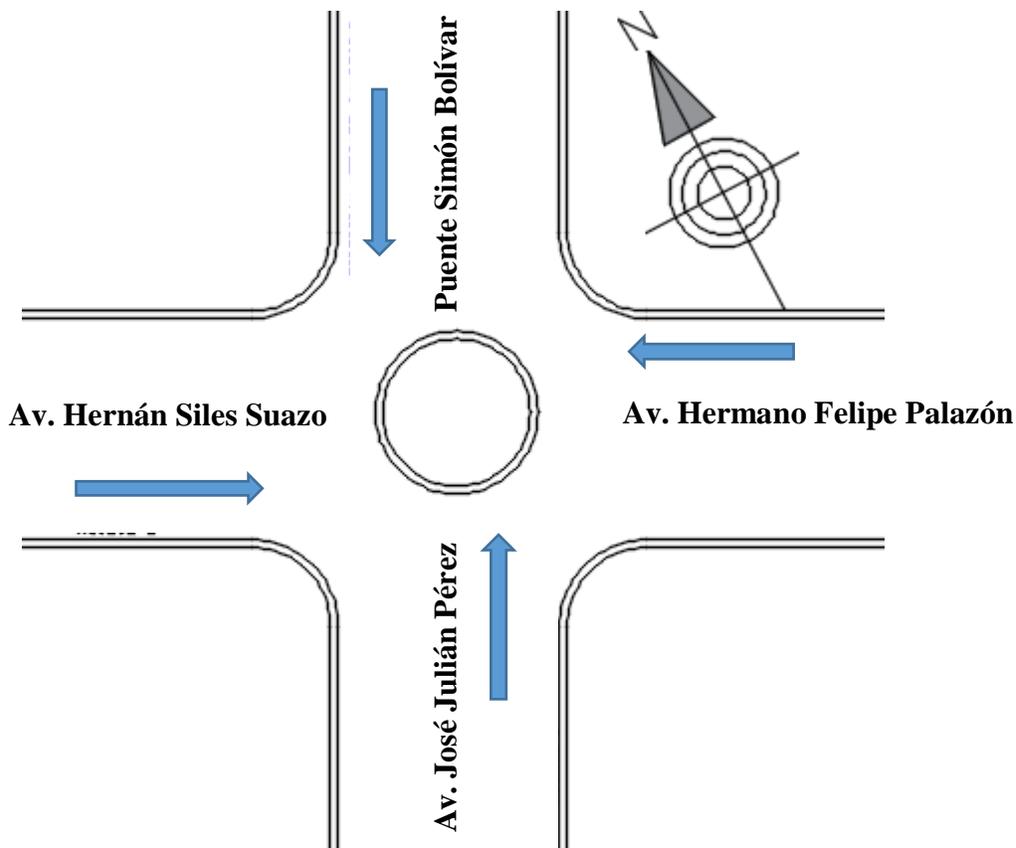
**Tabla 4.4: Descripción de la intersección – punto de estudio 3**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Puente Simón Bolívar
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Semaforización</b>	No	Si

Fuente: Elaboración propia

**Punto 4.** Av. José Julián Pérez, Av. Hernán Siles Suazo, Av. Hermano Felipe Palazón y Puente Simón Bolívar

**Figura 4.6: Intersección – punto de estudio 4**



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.5: Descripción de la intersección – punto de estudio 4**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Puente Simón Bolívar
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Semaforización</b>	No	No

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO

### 4.2.1. Determinación de las horas picos

El estudio del tráfico en la zona sur oeste de la ciudad de Tarija nos da como resultado que existe un congestionamiento en horas pico en los puentes Bolívar y puente Bicentenario, al existir un congestionamiento en los dos puentes nos muestra que también existe una retardación y esto es un problema de tráfico muy serio para los vehículos que circulan en horas pico en los dos puentes.

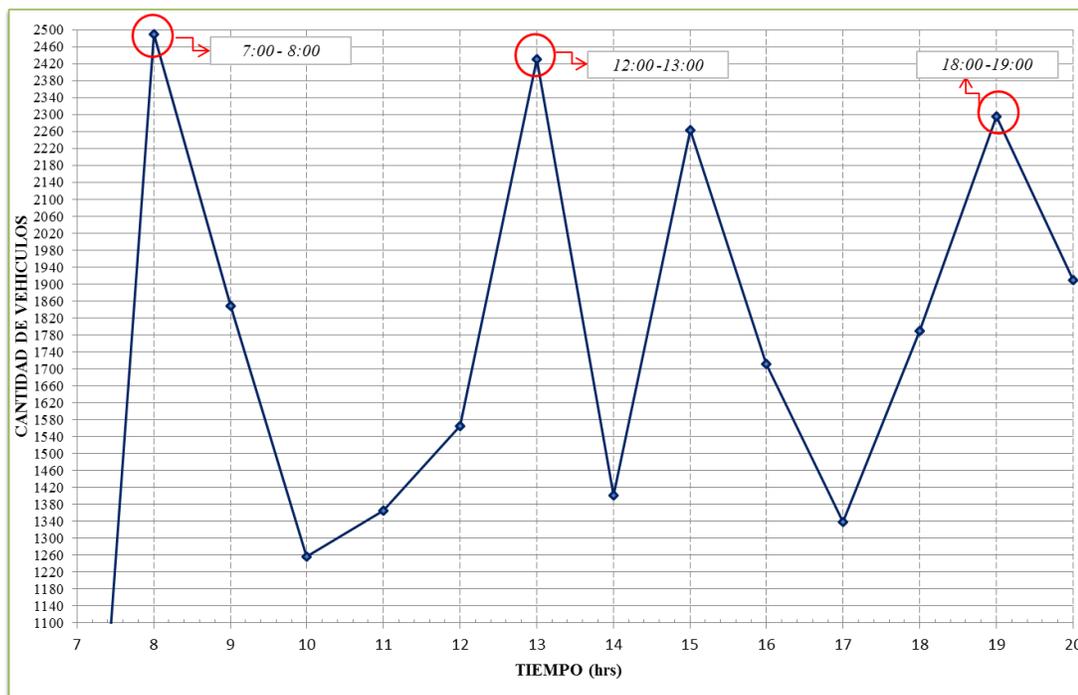
Para plantear una solución se realizó un aforo en los dos puentes donde en primer lugar, se definieron las horas pico que se presentan en la zona de estudio; es decir, el período de tiempo en el que regularmente existen congestiones en la vía o volúmenes de tráfico altos. Se realizó un aforo continuo desde las 7:00 am de la mañana hasta las 20:00 horas, dando como resultado los valores de los cuadros 4.2 y 4.3 con sus respectivas gráficas.

Una vez determinados las horas pico se procedió a la obtención de datos en los dos puentes en los puntos de estudio para poder determinar la cantidad de vehículos, el tipo de vehículos, y la dirección de movimiento de los mismos.

**Cuadro 4.2: Horas pico en el puente Bolívar**

Tiempo hrs	N° vehículos p / hr	Tiempo hrs	N° vehículos p / hr	Tiempo hrs	N° vehículos p / hr	Tiempo hrs	N° vehículos p / hr
		10:00 -11:00	1365	14:00 -15:00	2263	<b>18:00 -19:00</b>	<b>2295</b>
<b>7:00-8:00</b>	<b>2490</b>	11:00 -12:00	1565	15:00 -16:00	1711	19:00 -20:00	1910
8:00 -9:00	1848	<b>12:00 -13:00</b>	<b>2431</b>	16:00 -17:00	1338		
9:00 -10:00	1257	13:00 -14:00	1402	17:00 -18:00	1789		

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfico 4.1: Horas pico en el puente Bolívar**

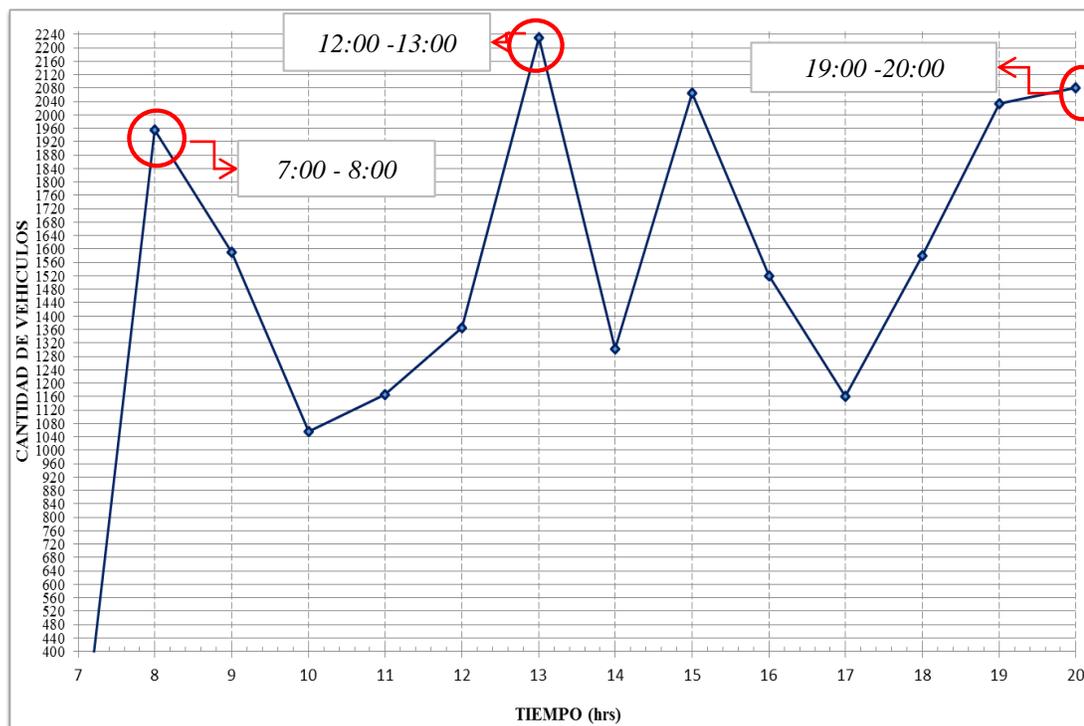
Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.3: Horas pico en el puente Bicentenario**

Tiempo hrs	Nº vehiculos p / hr	Tiempo hrs	Nº vehiculos p / hr	Tiempo hrs	Nº vehiculos p / hr	Tiempo hrs	Nº vehiculos p / hr
		10:00 -11:00	1167	14:00 -15:00	2065	<b>18:00 -19:00</b>	<b>2087</b>
<b>7:00-8:00</b>	<b>1956</b>	11:00 -12:00	1366	15:00 -16:00	1520	19:00 -20:00	1710
8:00 -9:00	1592	<b>12:00 -13:00</b>	<b>2231</b>	16:00 -17:00	1160		
9:00 -10:00	1057	13:00 -14:00	1302	17:00 -18:00	1580		

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4.2: Horas pico en el puente Bicentenario**



**Fuente:** Elaboración propia

El análisis de los resultados nos muestran que existen congestión total en horas pico en los dos puentes, se da esta situación en virtud que son los dos únicos nexos que existe entre el casco viejo de la ciudad y la zona sud oeste de la ciudad.

La gran cantidad de vehículos que circulan en los puentes congestionan el tráfico debido a que los dos puentes tienen conexión de salida con la avenida Jaime paz Zamora y la avenida los sauces.

También el crecimiento poblacional en esta zona hace que estos dos puentes no sean suficientes como para que circulen con normalidad los vehículos en toda hora.

### **4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESOS A LOS PUENTES**

En la zona se ha identificado dos puentes vehiculares que son el puente Bicentenario y el puente Bolívar, además de un puente peatonal que el puente Peregrino.

El puente bicentenario se encuentra ubicado sobre el rio Guadalquivir entre la rotonda de la fuente de los deseos y una rotonda sobre la avenida la banda, en la rotonda de la

fuente de los deseos se regula el tráfico porque de tiene un sistema de semáforos en el acceso al puente como en la salida del puente, en este punto se tiene conexión con una la avenida Víctor Paz Estensoro y la calle Sucre.

El puente Bolívar también se ubicado sobre el río Guadalquivir entre el Parque Temático y la rotonda del club de Leones en este puente en sus accesos no se tiene semaforización, el parque temático se conecta con el barrio el Tejar y también se conecta con la avenida Víctor Paz Estensoro, en el otro extremo del puente se tiene una conexión con la avenida de la banda, también se tiene conexión con la avenida José Julián Pérez (acceso al colegio Bancario y Tabladita) y la continuación de la avenida la Banda (acceso al colegio La Salle y San Blas).

El puente peatonal Peregrino está ubicado sobre el río Guadalquivir y tiene conexión con los barrios German Busch y el complejo deportivo García Agreda.

Como se puede evidenciar los accesos a los puentes no tienen sistemas de semaforización para regular el ingreso a los mismos a excepción de la fuente de los deseos y sobre la avenida Víctor Paz.

#### **4.4. ANÁLISIS DEL TRÁFICO EN ACCESOS DE PUENTES EXISTENTES**

##### **4.4.1. Procesamiento de datos de aforo**

Para identificar los problemas de circulación vehicular en los puentes Bicentenario y Bolívar, se ha procedido a realizar un estudio de tráfico en los accesos a los dos puentes.

Se ha realizado un estudio de aforo en el acceso del puente Bicentenario y puente Bolívar, donde se ha realizado un aforo continuo desde las 07:00 am de la mañana hasta las 20:00 para poder determinar las horas pico en dichos puentes, una vez determinados las horas pico se ha procedido a la obtención de datos en los dos puentes desde diferentes puntos de control como para poder determinar la cantidad de vehículos, el tipo de vehículos, y la dirección de movimiento de los mismos.

La obtención de datos se ha realizado por el lapso de un mes donde se han obtenidos datos de tráfico que se detallan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.4: Aforos mensuales**

INTERSECCIÓN: PARQUE TEMÁTICO-PUENTE BOLÍVAR CABAÑA DE PEDRO													
Hora de aforo	Sentido de circulación vehicular	ACCESO A-1						ACCESO A-2					
		Frente			Giro Izquierdo			Giro Derecha			Giro izquierdo		
													
Tipo de vehículo	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	
VOLUMEN POR SENTIDO 8:00-9:00	PÚBLICOS	165,50	16,64	0,36	112,21	8,36	0,00	130,79	8,43	0,43	103,14	13,64	0,00
	PARTICULARES	176,21	105,14	24,07	48,00	23,29	0,36	71,29	27,71	0,29	41,71	39,86	1,07
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	358,00	11,36	0,07	139,86	8,57	0,00	24,79	6,64	0,00	14,57	5,93	0,36
	PARTICULARES	507,00	46,07	3,93	100,79	9,36	0,50	41,50	29,14	3,29	127,21	46,79	1,86
VOLUMEN POR SENTIDO 18:00-19:00	PÚBLICOS	165,71	52,00	1,71	14,29	4,29	3,14	153,71	31,43	0,57	14,86	8,00	2,00
	PARTICULARES	99,57	68,29	2,00	27,43	6,57	0,00	69,43	35,14	0,00	11,14	2,57	3,43
PROMEDIO	PÚBLICOS	229,74	26,67	0,71	88,79	7,07	1,05	103,10	15,50	0,33	44,19	9,19	0,79
	PARTICULARES	260,93	73,17	10,00	58,74	13,07	0,29	60,74	30,67	1,19	60,02	29,74	2,12
TOTAL VEHICULOS		601,00			169,00			211,00			146,00		
TOTAL POR ACCESO		770,000						357,00					

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 4.5: Aforos mensuales**

Hora de aforo	Sentido de circulación vehicular	ACCESO A-3					
		Frente			Giro derecho		
							
Tipo de vehículo	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	
VOLUMEN POR SENTIDO 7:00-8:00	PÚBLICOS	187,36	12,64	0,07	128,43	0,71	0,07
	PARTICULARES	103,21	107,00	8,36	83,50	38,64	3,14
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	174,07	4,43	3,07	120,79	5,50	0,79
	PARTICULARES	147,00	90,21	16,29	105,29	51,71	4,14
VOLUMEN POR SENTIDO 18:00-19:00	PÚBLICOS	120,57	34,00	0,29	34,86	10,29	0,00
	PARTICULARES	66,57	44,57	0,00	22,86	14,57	0,29
PROMEDIO	PÚBLICOS	160,67	17,02	1,14	94,69	5,50	0,29
	PARTICULARES	105,60	80,60	8,21	70,55	34,98	2,52
TOTAL VEHICULOS		373,00			208,00		
TOTAL POR ACCESO		581,00					

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 4.6: Aforos mensuales**

INTERSECCIÓN: PUENTE BOLÍVAR SALIDA										
Hora de aforo	Sentido de circulación vehicular	ACCESO A-4								
		Frente			Giro derecho			Giro izquierdo		
	Tipo de vehículo	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
VOLUMEN POR SENTIDO 8:00-9:00	PÚBLICOS	37,07	2,07	0,00	281,71	20,14	1,57	26,57	16,29	0,86
	PARTICULARES	95,50	38,79	2,07	197,79	257,07	18,00	16,29	20,57	0,29
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	65,43	28,00	0,00	22,86	4,86	0,00	57,43	18,29	0,00
	PARTICULARES	38,00	15,71	0,29	34,29	9,14	0,00	45,14	8,86	0,57
VOLUMEN POR SENTIDO 18:00-19:00	PÚBLICOS	100,29	9,14	2,29	37,43	9,43	0,00	34,29	10,00	0,57
	PARTICULARES	52,29	15,71	3,14	12,57	16,00	0,57	27,71	6,57	1,43
PROMEDIO	PÚBLICOS	67,60	13,07	0,76	114,00	11,48	0,52	39,43	14,86	0,48
	PARTICULARES	61,93	23,40	1,83	81,55	94,07	6,19	29,71	12,00	0,76
TOTAL VEHICULOS		168,00			307,00			97,00		
TOTAL POR ACCESO		572,00								

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.7: Aforos mensuales**

INTERSECCIÓN: AVENIDA VICTOR PAZ - PUENTE BICENTENARIO													
Hora de aforo	Sentido de circulación vehicular	ACCESO A-1						ACCESO A-2					
		Frente			Giro Izquierdo			Frente			Giro Derecho		
	Tipo de vehículo	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
VOLUMEN POR SENTIDO 8:00-9:00	PÚBLICOS	162,29	18,14	0,07	114,36	10,43	0,00	127,86	8,86	0,21	103,93	16,36	0,14
	PARTICULARES	174,64	102,21	2,71	48,43	23,43	0,29	70,79	25,93	0,21	48,79	39,07	0,71
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	358,00	11,36	0,07	139,86	8,57	0,00	24,79	6,64	0,00	14,57	5,93	0,36
	PARTICULARES	419,00	46,07	3,93	100,79	9,36	0,50	41,50	29,14	3,29	127,21	46,79	1,86
VOLUMEN POR SENTIDO 18:00-19:00	PÚBLICOS	165,71	52,00	1,71	14,29	4,29	3,14	153,71	31,43	0,57	14,86	8,00	2,00
	PARTICULARES	99,57	68,29	2,00	27,43	6,57	0,00	69,43	35,14	0,00	11,14	2,57	3,43
PROMEDIO	PÚBLICOS	228,67	27,17	0,62	89,50	7,76	1,05	102,12	15,64	0,26	44,45	10,10	0,83
	PARTICULARES	231,07	72,19	2,88	58,88	13,12	0,26	60,57	30,07	1,17	62,38	29,48	2,00
TOTAL VEHICULOS		562,00			170,00			209,00			149,00		
TOTAL POR ACCESO		732,00						358,00					

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.8: Aforos mensuales**

<b>INTERSECCIÓN: AV. LA BANDA - PUENTE BICENTENARIO</b>										
<b>Hora de aforo</b>	<b>Sentido de circulación vehicular</b>	<b>ACCESO A-3</b>								
		<b>Frente</b>			<b>Giro derecho</b>			<b>Giro izquierdo</b>		
	<b>Tipo de vehículo</b>	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
VOLUMEN POR SENTIDO 8:00-9:00	PÚBLICOS	37,07	2,07	0,00	277,43	20,14	1,57	26,57	16,29	0,86
	PARTICULARES	95,50	38,79	2,29	196,29	222,00	9,29	16,29	20,57	0,29
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	202,43	28,00	0,93	22,86	4,86	0,00	57,43	18,29	0,00
	PARTICULARES	134,07	15,71	2,50	34,29	9,14	0,00	45,14	8,86	0,57
VOLUMEN POR SENTIDO 18:00-19:00	PÚBLICOS	105,43	9,14	2,29	37,43	9,43	0,00	34,29	10,00	0,57
	PARTICULARES	59,14	15,71	3,14	12,57	16,00	0,57	27,71	6,57	1,43
PROMEDIO	PÚBLICOS	114,98	13,07	1,07	112,57	11,48	0,52	39,43	14,86	0,48
	PARTICULARES	96,24	23,40	2,64	81,05	82,38	3,29	29,71	12,00	0,76
TOTAL VEHICULOS		251,00			291,00			97,00		
TOTAL POR ACCESO		639,00								

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4.9: Aforos mensuales**

<b>PUENTE BICENTENARIO</b>							
<b>Hora de aforo</b>	<b>Sentido de circulación vehicular</b>	<b>ACCESO A-4</b>					
		<b>Frente</b>			<b>Giro derecho</b>		
	<b>Tipo de vehículo</b>	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
VOLUMEN POR SENTIDO 7:00-8:00	PÚBLICOS	187,36	12,64	0,07	128,43	0,71	0,07
	PARTICULARES	103,21	107,00	8,36	83,50	38,64	3,14
VOLUMEN POR SENTIDO 12:00-13:00	PÚBLICOS	174,07	4,43	3,07	120,79	5,50	0,79
	PARTICULARES	147,00	90,21	16,29	105,29	51,71	4,14
VOLUMEN POR SENTIDO 19:00-20:00	PÚBLICOS	120,57	34,00	0,29	34,86	10,29	0,00
	PARTICULARES	66,57	44,57	0,00	22,86	14,57	0,29
PROMEDIO	PÚBLICOS	160,67	17,02	1,14	94,69	5,50	0,29
	PARTICULARES	105,60	80,60	8,21	70,55	34,98	2,52
TOTAL VEHICULOS		373,00			208,00		
TOTAL POR ACCESO		581,00					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de horas pico determino que las horas 7:00 hasta 8:00 son horas pico en la mañana y desde horas 12:00 hasta 13:00 son horas pico del medio día y desde horas 18:00 hasta horas 20:00 también son horas pico de congestionamiento.

El análisis de los resultados nos muestran que existen congestionamiento total en las horas pico en los dos puentes, se da esta situación en virtud que son los dos únicos nexos que existe entre el casco viejo de la ciudad y la zona sud oeste de la ciudad.

La gran cantidad de vehículos que circulan en los puentes congestionan el tráfico debido a que los dos puentes tienen conexión de salida con la avenida Jaime Paz Zamora y la avenida la banda.

También el crecimiento poblacional en esta zona hace que estos dos puentes no sean suficientes como para que circulen con normalidad los vehículos en toda hora.

Además que cada vez que se realiza alguna actividad cultural en el parque temático o en el teatro municipal el congestionamiento es total, no se puede circular con vehículo en forma normal debido a la gran cantidad de peatones que circulan en el lugar.

Así mismo cuando se realiza alguna actividad deportiva o cultural en la avenida Víctor Paz, se corta el tráfico en la avenida y se genera un congestionamiento en el puente Bicentenario y en el puente Bolívar.

El estudio del tráfico en la zona sur oeste de la ciudad de Tarija nos da como resultado que existe un congestionamiento en horas pico en los puentes Bolívar y puente Bicentenario, al existir un congestionamiento en los dos puentes nos muestra que también existe una retardación y esto es un problema de tráfico muy serio para los vehículos que circulan en horas pico en los dos puentes.

De ahí es que se ha analizado los resultados del tráfico que circulan en los dos puentes se ve que se necesitan que se deben construir más puentes vehiculares como para solucionar el congestionamiento en la zona.

#### **4.4.2. Aforo de velocidades**

Para proceder con el aforo de velocidades, se utilizó el método de cálculo, o también llamada velocidad global, el cual es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde

un punto previamente dado, entre el tiempo que se emplea en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operaciones por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tráfico y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor.

Para realizar dicho aforo, se midió la distancia de cada puente en estudio, una distancia de 150 m respectivamente, y se utilizó aforos manuales con el método del cronometro para determinar el tiempo que tardaba un vehículo en recorrer del punto de inicio al punto final trazado.

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

**Cuadro 4.10: Aforo de velocidades**

PUNTO	CALLE	INTERSECCION	HORAS PICO	VELOCIDADES		TOTAL
				m/s	Km/h	Km/h
PUNTO 1		ENTRE: Av. La Banda y puente Bicentenario	7:00 a 8:00	6,62	24	24
	Av. La Banda		12:00 a 13:00	7,35	26	
			18:00 a 19:00	6,14	22	
		ENTRE: Av. Víctor Paz	7:00 a 8:00	6,41	23	23
	Av. Víctor Paz		12:00 a 13:00	6,59	24	
			18:00 a 19:00	6,42	23	
PUNTO 2		ENTRE: Heriberto Trigo y puente Bolívar	7:00 a 8:00	6,92	25	21
	Heriberto Trigo		12:00 a 13:00	5,93	21	
			18:00 a 19:00	4,44	16	
		ENTRE: Av. Hernán Siles Suazo y Puente Bolívar	7:00 a 8:00	8,43	30	27
	Av. Hernán Siles Suazo		12:00 a 13:00	7,77	28	
			18:00 A 19:00	6,63	24	

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4.3. Análisis de peatones bicicletas y motocicletas

A continuación, se presentan las tablas resumen de los puntos de estudio con los siguientes datos:

- Volúmenes vehiculares por hora para cada acceso de la intersección durante 1 semana.
- % de giros izquierda del volumen medio de cada acceso.
- % de giro derecha del volumen medio de cada acceso.
- % de vehículos con trayectoria de frente para cada acceso.
- % de vehículos pesados del volumen medio para cada acceso de la intersección.
- % de peatones que ingresaron a la intersección en relación con el volumen medio vehicular.
- % de ciclistas en relación con el volumen medio vehicular.
- % de motos del volumen medio vehicular que ingresaron a la intersección.

**Tabla 4.6: Porcentajes de giros de la intersección-punto de estudio 1**

	Acceso 1	Acceso 2
% Giro izquierda	23,22	0,00
% Giro derecha	0,00	41,62
% Frente	76,78	58,38
% Pesados	0,77	2,58

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.7: Porcentajes de usuarios de la intersección-punto de estudio 1**

% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación
10,16	3,20	15,32	24,03 km/h

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.8: Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 2**

	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	15,18	24,21
% Giro derecha	45,54	20,87
% Frente	39,28	54,92
% Pesados	4,07	5,02

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.9: Porcentajes de usuarios de la intersección-punto de estudio 2**

%Peatones	%Ciclistas	%Motos	Velocidad media de circulación
31,05	2,12	14,30	19,37 km/h

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.10. Porcentajes de giros de la intersección-punto de estudio 3**

	Acceso 1	Acceso 2
% Giro izquierda	21,95	40,90
% Giro derecha	0,00	59,10
% Frente	78,05	0,00
% Pesados	1,95	2,71

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.11. Porcentajes de usuarios de la intersección-punto de estudio 3**

%Peatones	%Ciclistas	%Motos	Velocidad media de circulación
15,28	3,17	24,83	38,01 km/h

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.12. Porcentajes de giros de la intersección-punto de estudio 4**

	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	0,00	16,96
% Giro derecha	35,80	53,67
% Frente	64,20	29,37
% Pesados	3,72	5,01

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.13 Porcentajes de usuarios de la intersección-punto de estudio 4**

%Peatones	%Ciclistas	%Motos	Velocidad media de circulación
8,19	2,95	22,38	28,63 km/h

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4.4. Procedimiento de determinación de la capacidad y nivel de servicio

Como ejemplo de cálculo se muestra el procedimiento realizado para la determinación de la capacidad real y nivel de servicio en las intersecciones a nivel a partir de los factores de giros, tanto a la izquierda como a la derecha, vehículos que realizan trayectoria de frente, paradas, estacionamiento y porcentajes de vehículos pesados; detalladamente en el punto de estudio 3.

Intersección a nivel de la Av. Víctor Paz y puente Bolívar (Cabaña de Pedro). Para el acceso 1.

### Datos de entrada

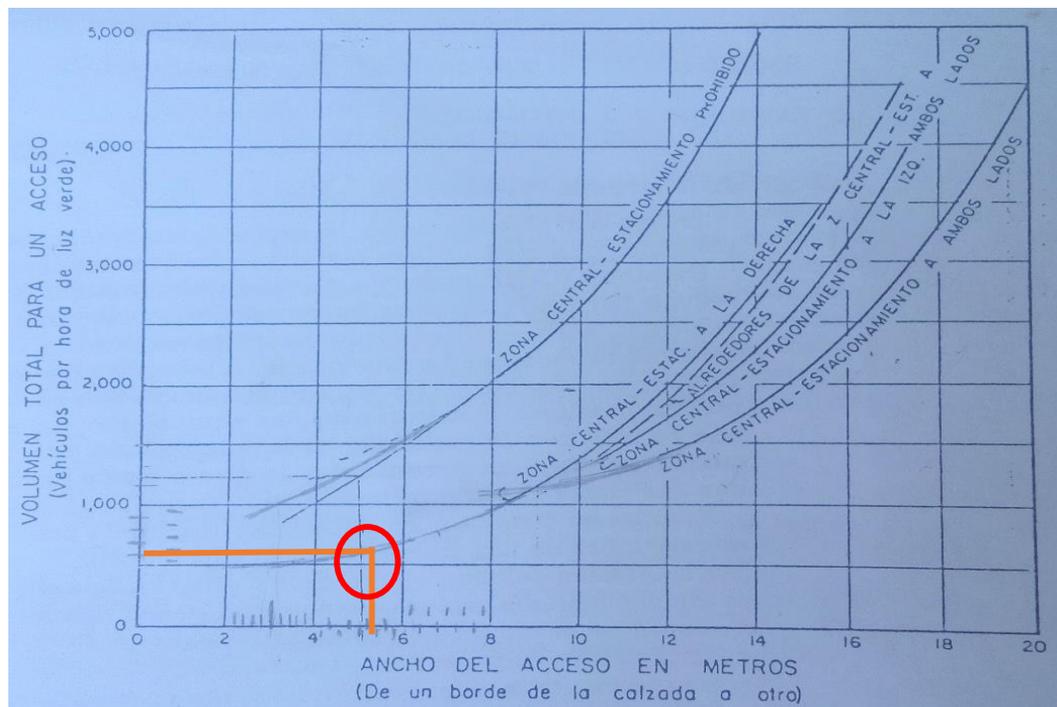
Volumen de circulación  $V = 770$  veh/h

### Capacidad teórica

# de sentidos = 1

Ancho de acceso = 5,20 m

**Figura 4.7. Capacidad teórica del acceso 1 del punto de estudio 3**



Fuente: Propia

Capacidad teórica según ábaco = 580 veh/h.

**Capacidad práctica**

$$\boxed{\text{Cap. práctica} = \text{Cap. Teórica} * 0,90}$$

$$\text{Cap. práctica} = 580 \frac{\text{veh}}{\text{h}} * 0.90$$

$$\text{Cap. práctica} = 522 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

**Factor de reducción por vehículos pesados**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso 1 VP= 1.78 %

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

$$\boxed{\text{FVP} = \frac{100 - \%VP}{100}}$$

$$\text{FVP} = \frac{100 - 1.78}{100}$$

$$\text{FVP} = 0.982$$

**Factor de reducción por giro izquierda**

% de vehículos que realizan el giro a la izquierda saliente del acceso 1

GI= 21.95%

$$\boxed{\text{FGI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}}$$

$$\text{FGI} = 1 - \frac{21.95 - 10}{100}$$

$$\text{FGI} = 0.881$$

**Factor de reducción por giro derecha**

% de vehículos que realizan el giro derecho salientes del acceso 1

GD= 0%

$$\boxed{\text{FGD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100}}$$

$$\text{FGD} = 1 - \frac{0 - 10}{100}$$

$$\text{FGD} = 1.1$$

### Factor de reducción por paradas

% de paradas antes del acceso 1 = 0%

$$\boxed{\text{FP} = \frac{100 - \% \text{ Parada}}{100}}$$

% de paradas después del acceso 1 = 0%

$$\text{FP} = 1$$

### Factor de reducción por estacionamiento

El estacionamiento en la intersección es prohibido

Por lo tanto, FE = 1

### Capacidad real

$$\boxed{\text{Capacidad real} = \text{Cap. Práctica} * \text{FVP} * \text{FGI} * \text{FGD} * \text{FP} * \text{FE}}$$

$$\text{Capacidad real} = 522 * 0.982 * 0.881 * 1.1 * 1 * 1$$

$$\text{Capacidad real} = 497 \text{ veh/h} = C$$

### Nivel de servicio

$$\boxed{\text{Relación} = V/C}$$

$$\text{Relación} = \frac{770 \text{ veh/h}}{497 \text{ veh/h}}$$

$$\text{Relación} = 1.550$$

**Tabla 4.14. Clasificación del nivel de servicio del acceso 1 del punto de estudio 3**

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	0,0
B	Flujo estable	$\leq 0,10$
C	Flujo estable	$\leq 0,30$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,70$
E	Flujo inestable	$\leq 1,0$
F	Flujo forzado	$>1$

**Fuente:** Elaboración propia

Por lo tanto, en el acceso 1 de la intersección: parque Temático puente Bolívar cabaña de Pedro el nivel de servicio es **F**, es decir, que presenta un flujo forzado.

**Tabla 4.15. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 1.**

Acceso	Capacidad real veh/h	Relación V/C	Nivel de servicio	Tipo de flujo
1	968	0,756	E	Flujo inestable
2	1319	0,271	C	Flujo estable

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.16. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 2.**

Acceso	Capacidad real veh/h	Relación V/C	Nivel de servicio	Tipo de flujo
3	639	0,756	E	Flujo forzado
4	581	0,271	D	Flujo estable

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 4.17. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 3.**

Acceso	Capacidad real veh/h	Relación V/C	Nivel de servicio	Tipo de flujo
2	357	0,261	C	Flujo estable
3	581	0,692	D	Próximo al flujo inestable
4	572	0,683	D	Próximo al flujo inestable

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.5. UBICACIÓN DE PUENTES

La ubicación de nuevos puentes vehiculares sobre el río Guadalquivir responde a una problemática presente que se da en la actualidad, debido a los problemas de tráfico en la zona de estudio, el PLAN DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL de la provincia cercado, es una planificación de urbanización donde se tiene planificado la apertura de calle y avenidas, nos sirve para poder ubicar nuevos puentes en futuras calles.

En la zona sud oeste de la ciudad de Tarija, se definió las calles de San Blas, calles de San Luis, barrio petrolero, barrio San Gerónimo.

La planificación urbana de la zona sud oeste de la ciudad de Tarija se da como consecuencia de la zonificación de las diferentes áreas urbanizadas

El crecimiento poblacional en el área de estudio ha permitido que también surja un crecimiento de automotriz, y por lo tanto las vías planificadas se han ido consolidando.

En el plano adjunto de puede apreciar el crecimiento de los barrios de la zona sud oeste de la ciudad de Tarija.

El crecimiento poblacional en el área de estudio fue muy rápido, ya que los puentes existentes que unen el casco viejo de la ciudad con la margen derecha del río Guadalquivir no pueden abastecer al tráfico en horas pico.

Para determinar una alternativa de solución al problema del tráfico en la zona sud oeste de la ciudad, se ha realizado un análisis de tráfico en los puentes Simón Bolívar y Bicentenario.

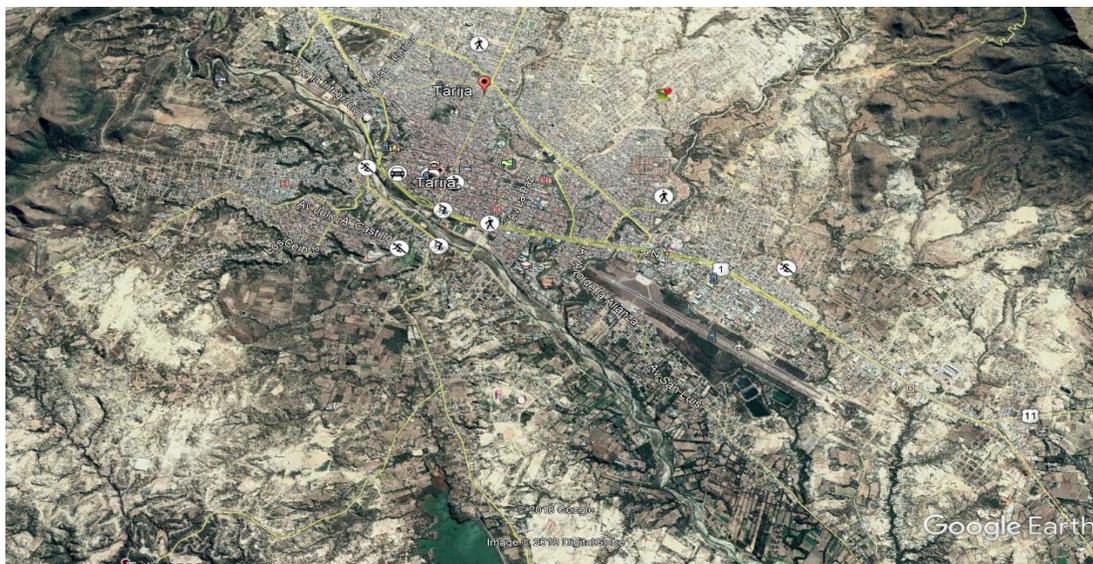
Una vez concluida con el análisis de tráfico en los dos puentes existente se puede determinar que existe la necesidad de la construcción de más puentes vehiculares en la zona para solucionar el gran problema de tráfico que se da en horas pico.

La ubicación en este caso sigue el lineamiento de ubicar puentes de acuerdo a las vías consolidadas que llegan a las márgenes del río Guadalquivir.

El estudio de tráfico nos muestra que el crecimiento automotor y población hace que se tome decisiones urgentes e inmediatas.

En la presente imagen se observa la situación actual de la zona oeste de la ciudad de Tarija donde se tiene solamente tres puentes el puente San Martín, Bicentenario y Bolívar.

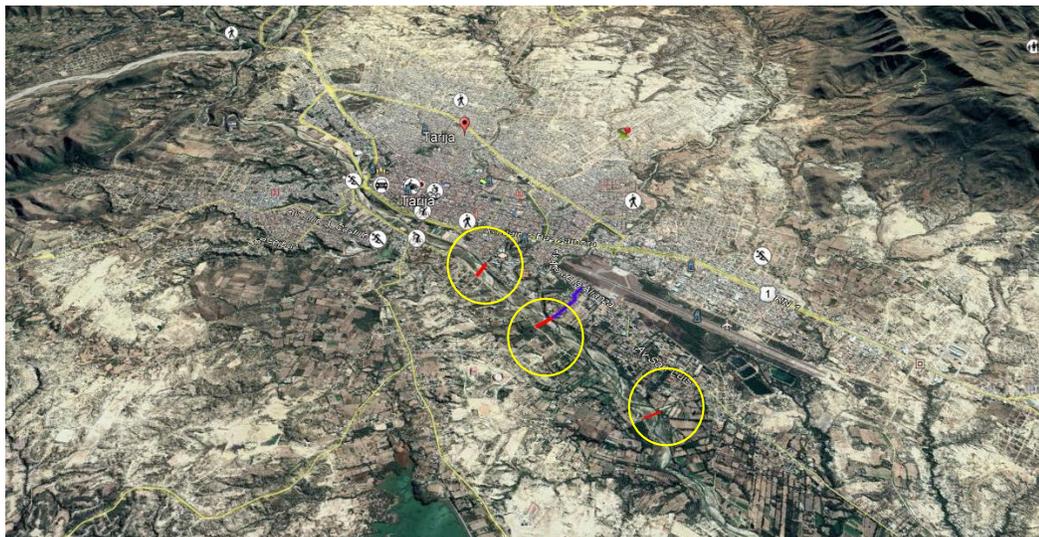
**Figura 4.8: Puentes de la zona Oeste de Tarija**



**Fuente:** Google Earth.

En la siguiente imagen se puede apreciar la posible ubicación de los puentes en la zona sud oeste de la ciudad de Tarija.

**Figura 4.9: Posible ubicación de los Nuevos Puentes**



**Fuente:** Google Earth.

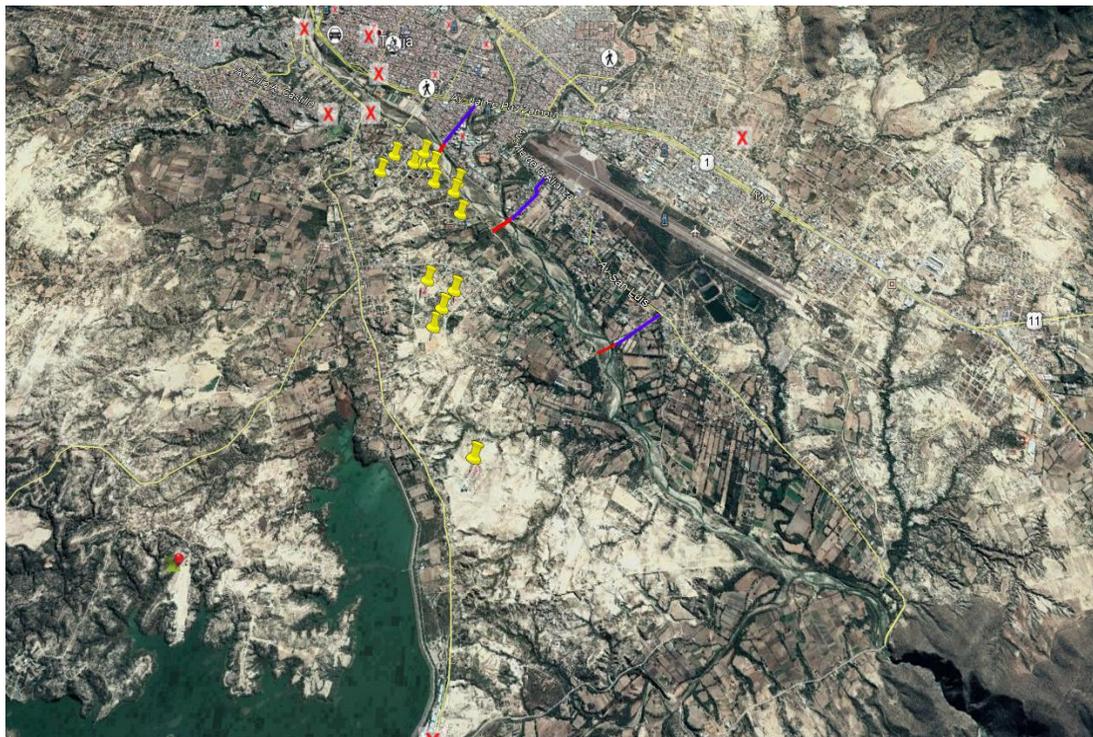
En los cuadros del estudio de tráfico se pudo evidenciar que en horas pico se presenta un problema muy fuerte que es retardamiento total en los puentes existentes, más aun cuando se presentan eventos muy grandes como la expo sur, y eventos sociales, los puentes no satisfacen la demanda al tráfico y es un caos total.

La construcción de nuevos edificios multifamiliares de 10 a 15 pisos en la zona van a concentrar una población muy importantes y así mismo crecerá el parque automotor.

En la siguiente imagen se aprecia los sitios y los puntos donde se construyeron infraestructura importante como ser colegios, villa olímpica, edificios multifamiliares, y condominios.

Esta zona se caracteriza por ser una zona residencial, por albergar población con ingresos económicos relativamente altos ya que en la zona se construyen, y se están construyendo edificios con infraestructura muy importante, además esta población en más del 90% se trasladan a sus fuentes de trabajo en vehículos propios, hacia diferentes puntos del casco viejo de la ciudad.

**Figura 4.10: Zonas de influencia de Tráfico Vehicular**



**Fuente:** Google Earth.

La ubicación de los puentes en la zona sud oeste de la ciudad es una alternativa para solucionar el problema de tráfico que existe en la zona.

La construcción de puentes vehiculares siempre ha solucionado un problema de comunicación y de tráfico.

Es muy importante dar solución a los problemas presentes en virtud que el crecimiento de la población y crecimiento del parque automotor requiere que los gobiernos municipales planteen soluciones a los problemas existentes, y en la zona la construcción de puentes ya se debería haber realizado con la anticipación necesaria.

Actualmente el gobierno municipal está muy retrasado con la construcción de puentes en la zona,

La construcción de puentes vehiculares va solucionar el tráfico en esta zona de la ciudad en virtud que la ubicación sigue un lineamiento de calles ya planificadas en la zona, en el lugar se ha podido verificar que la topografía no es un obstáculo como para la

construcción de puentes, en virtud que se tendría que construir accesos de los dos lados de los puentes, además en la zona el suelo no es ningún problema ya que es de similares características al lugar donde está emplazado el puente Simón Bolívar.

La construcción de los tres puentes en forma gradual, va a solucionar el tráfico en la zona además que el acceso a los mismos son calles ya consolidadas y planificadas por Gobierno Municipal.

La ubicación de los puentes está en base a lo planificado y al crecimiento poblacional de La zona, además que la Ciudad de Tarija en los últimos años ha tenido un crecimiento muy fuerte en virtud que muchas familias del occidente llegaron a Tarija.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

##### **5.1. CONCLUSIONES**

Se concluye:

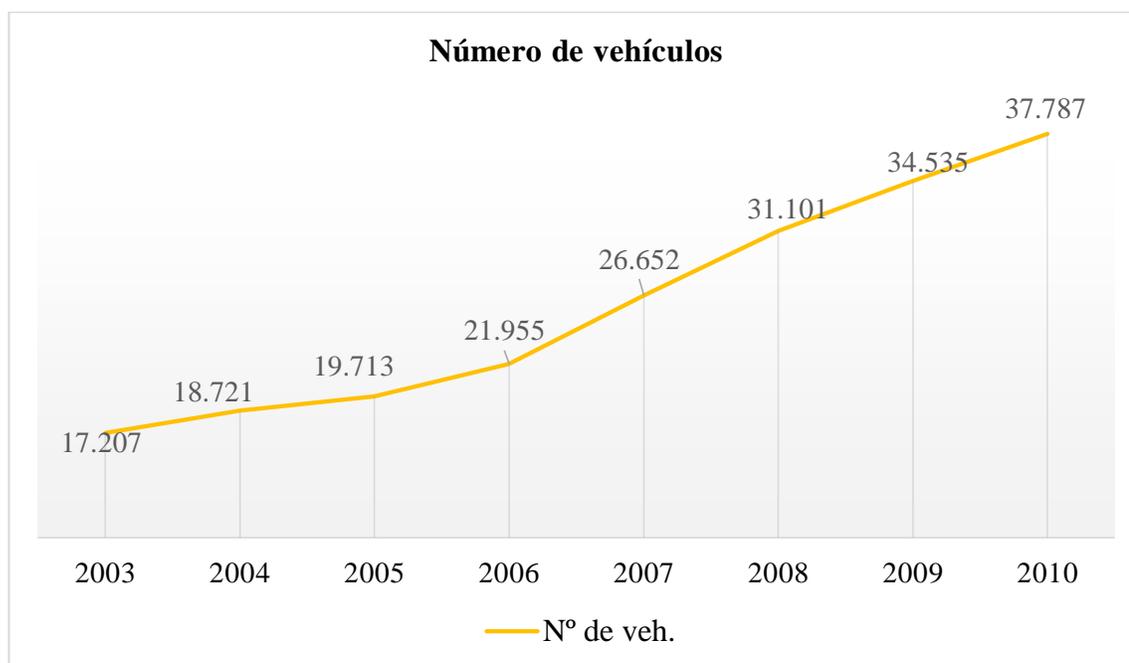
Producto del estudio de campo, cómo el aforo en los puentes existentes se tiene lo siguiente.

Que existe un problema de congestiónamiento del tráfico en horas pico.

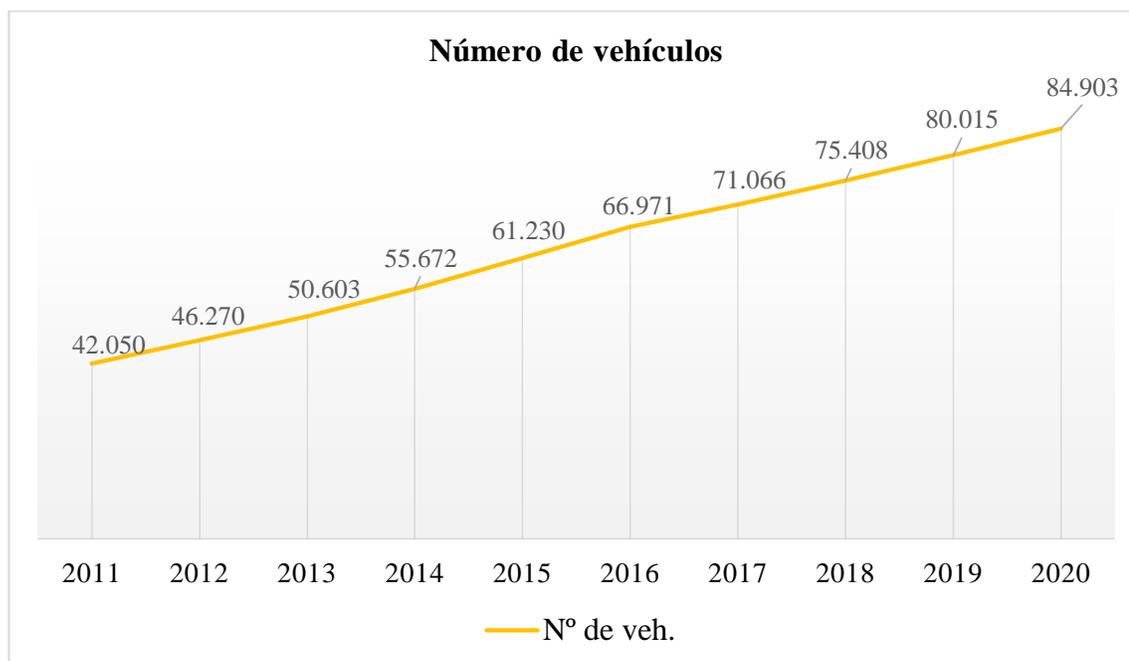
Por el congestiónamiento se genera diversos problemas con la retardación una retardación para los vehículos que pasan por los puentes. Los accesos a dichos puentes tienen como ser en un lado semáforos y al otro lado no se tiene semáforos.

Los puntos donde se ha identificado ubicar los puentes son los más ideales en virtud que solucionaría el congestiónamiento de la zona.

Además el crecimiento de población en la zona y el crecimiento del parque automotor hacen que se tenga que afrontar esta situación a la brevedad posible por parte del G.A.M. de Tarija y la Provincia Cercado. En las siguientes gráficas se pueden apreciar la cantidad de vehículos actuales y sus proyecciones para el futuro basados en el crecimiento poblacional y automotriz.

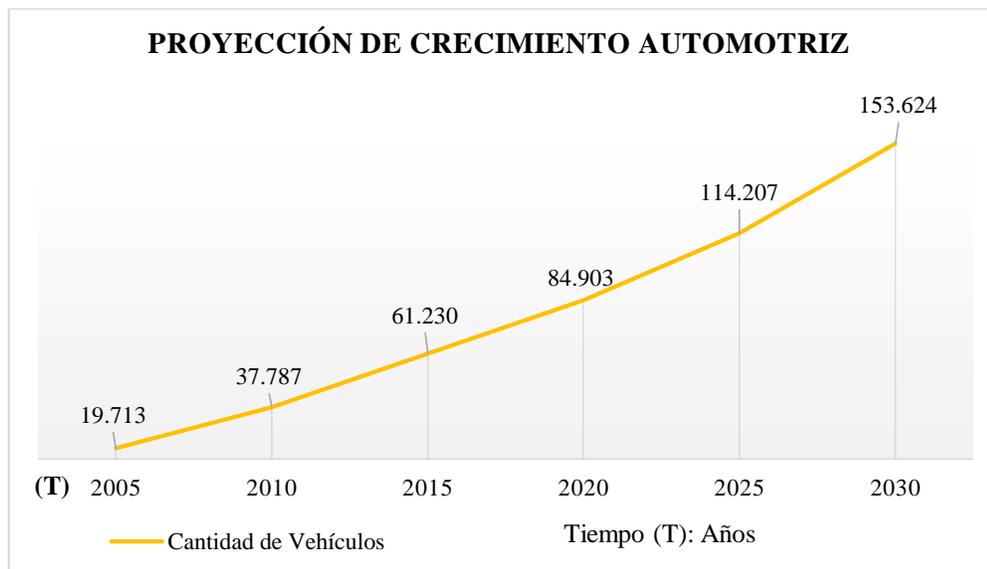
**Gráfica 5.1. Cantidad de Vehículos Anuales en Tarija 2003-2010**

**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 5.2. Cantidad de vehículos anuales en Tarija 2011-2020**

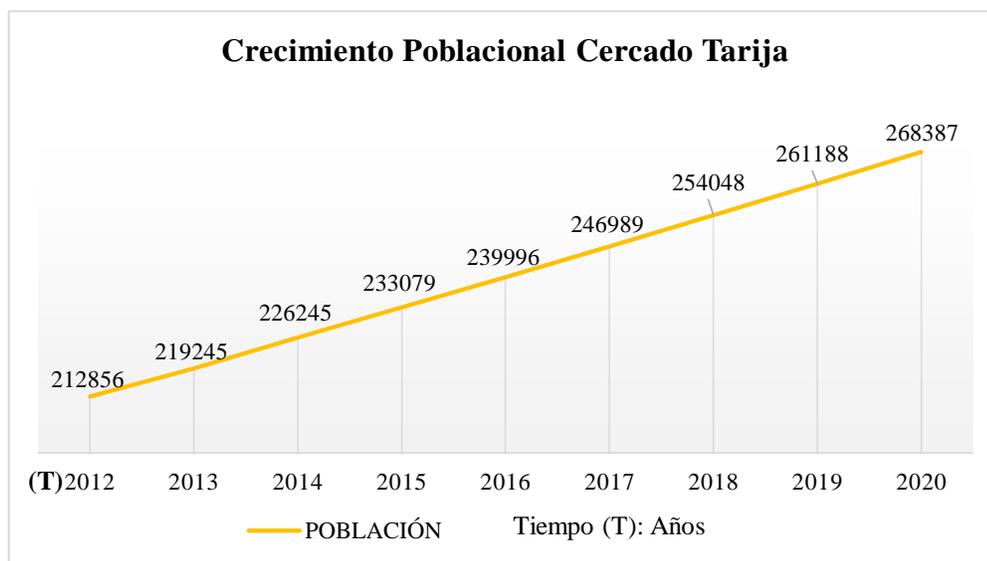
**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 5.3. Proyección Automotriz para la Ciudad de Tarija**



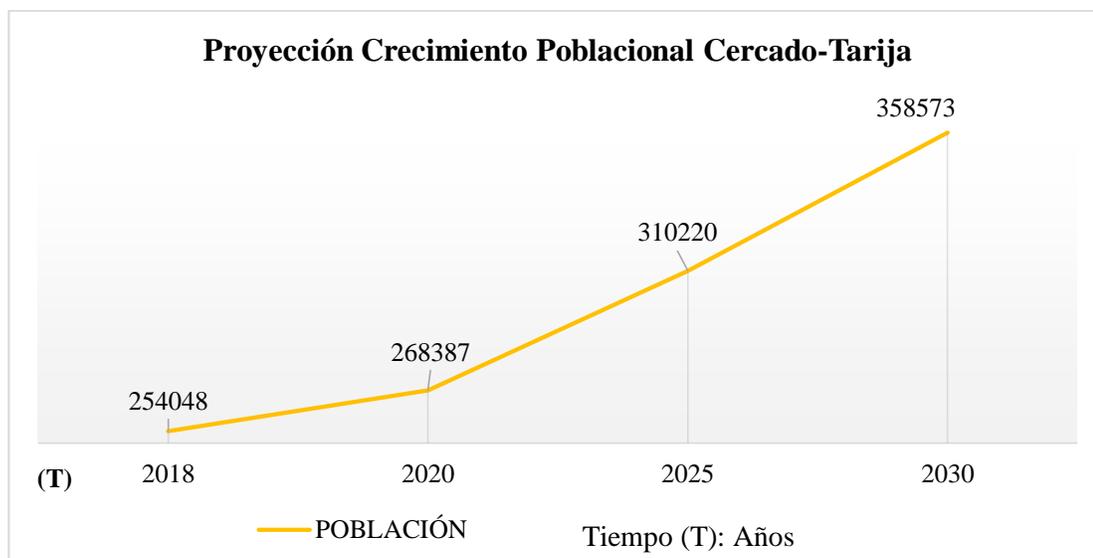
**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 5.4. Proyección Crecimiento Poblacional para la Ciudad de Tarija**



**Fuente:** Elaboración propia

**Gráfica 5.5. Proyección de crecimiento poblacional hasta 2030 para la ciudad de Tarija**



**Fuente:** Elaboración propia.

Con la construcción de los puentes se considera que los vehículos consumirán menos combustible para llegar a sus fuentes de trabajos, y en menos tiempo y no tendrán que circular por tramos más largos.

Se considera que la construcción de los puentes va solucionar el problema de los vecinos de los dos márgenes del río Guadalquivir

También se considera que va permitir el crecimiento poblacional en forma más acelerada en la zona por ser una zona residencial muy importante en la Ciudad de Tarija.

Luego de haber realizado el análisis de tráfico, y también al haber estudiado el crecimiento poblacional y el crecimiento del parque automotor, se ve la necesidad de la construcción de nuevos puentes sobre el río Guadalquivir.

El estudio de tráfico nos da como resultado que existe un congestionamiento total porque los dos puentes son insuficientes.

El crecimiento poblacional en la zona es muy importante en virtud que existen y se están construyendo edificios multifamiliares, donde albergara una importante cantidad de población, además en la zona se está construyendo una villa olímpica y se tiene el campo ferial de San Jacinto.

El crecimiento del parque automotor, es paralelo al crecimiento poblacional, y si no se construyen nuevos puentes, los problemas cada día van a ser similares a lo que ocurre en el centro de la ciudad.

El plan de organización territorial del gobierno municipal ya tiene una mancha urbana aprobada en la zona

En base a lo estudiado se puede determinar que existe la necesidad de construir nuevos puentes en la zona, los nuevos puentes que se ubican sobre el río Guadalquivir siguen el lineamiento de calles existentes en San Gerónimo, en el barrio petrolero, y el barrio de San Luis.

En la gráfica se puede apreciar que se ubican tres puentes vehiculares, que se los puede construir en forma gradual, estos puentes por su ubicación van a solucionar el problema de tráfico en la zona de estudio.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Al concluir el presente trabajo consideramos que se debe realizar las siguientes recomendaciones:

- Realizar un estudio de tráfico continuo en la zona y zonas aledañas, para tener datos actualizados debido al crecimiento constante del parque automotor de la ciudad.
- Que los puentes que se construyan tengan la vía peatonal necesaria como para que los peatones y en lo posible las bicicletas puedan circular sin ningún problema, en esto también tomar en cuenta los pasos peatonales para el momento en que los peatones circulen por el mismo
- En cuanto al comportamiento de los usuarios con respecto a la seguridad vial es deficiente, en primer lugar, debido al desconocimiento de las normas de tránsito y otro al incumpliendo de las normas de tránsito que nos rigen, por ello se debe

hacer campañas educativas tanto para usuarios peatones, como para usuarios conductores de manera que se logre concientizar a dicha población de la responsabilidad que tienen en cuanto a la seguridad vial.

- Se recomienda las zona en estudio tenga la señalización vertical, horizontal y preventiva, como para orientar de la forma más segura al peatón cuando tenga que cruzar por los puentes.
- Se recomienda construir puentes de cuatro vías y que sean arquitectónicos, en virtud que la ciudad de Tarija es una ciudad turística y debe de tener lugares de atracción turística para los turistas que visitan Tarija.