

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. INTRODUCCION.

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

El casco central de la ciudad de Tarija dependen en gran manera del flujo vehicular, su capacidad y nivel de servicio, en especial en puntos críticos donde existen grandes conflictos. Muchas veces en estas zonas debe operar arriba de su capacidad con el fin de abastecer la demanda de los servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, tránsito comercial, transporte público, originando problemas de tráfico, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes o congestionamiento.

Se dieron varias soluciones de alto costo como así también de bajo costos, logrando así proyectar y construir sistemas de calles más acordes con el entorno urbano de las aéreas adyacentes y a los requerimientos operacionales de los vehículos, dando así mayor soluciones al tránsito vehicular, de peatones, cargas, transporte público, etc., sin embargo el índice de crecimiento vehicular cada vez es mayor, por lo que en algunas de las calles más importantes de la ciudad de Tarija, en especial en horas y días picos, se tornó muy caótico, provocando congestionamiento e incrementando la operación de su capacidad y nivel de servicio.

El casco central de la ciudad de Tarija es una zona estratégica que une los distintos barrios de nuestra ciudad, así también es un zona donde se genera la economía, aportando de gran manera al desarrollo de nuestra ciudad. Ya que en estos lugares se encuentran generalmente todas las instituciones, lugares de trabajo, colegios, universidades, comercio y plazuelas, razón por la cual el ritmo de vida de los habitantes es más

acelerado implicando mayor movilización de los ciudadanos ya sea por la necesidad de trasladarse a su lugar de trabajo, por llevar su mercadería al lugar de destino o por las necesidades que son propias del ser humano que sin duda necesitan del transporte para cumplir con su objetivo propuesto.

En el día de hoy, en la ciudad de Tarija se hace necesario tomar medidas para descentralizar líneas de micros y minibuses de la zona central de Tarija, por los diferentes problemas que causan los mismos, y de esta manera prevenir los congestionamientos, ya que Tarija aunque es una ciudad relativamente pequeña y presenta en algunas de sus calles congestionamientos vehiculares y peatonales, lo que todavía se puede regular, por lo que es necesario este estudio.

El congestionamiento vehicular producido en un momento y lugares críticos en el casco central de la ciudad de Tarija es resultado de las decisiones que el conductor toma, el cual decide como y porque sector recorrer hacia su destino basándose en criterios como costo, tiempo seguridad y comodidad; así el tiempo de recorrido desde el tiempo de recorrido depende del flujo vehicular. Por lo tanto no es fácil de deducir con exactitud el tiempo que tomará al usuario para llegar a su destino. Por tal razón es imprescindible hacer el análisis de la influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija.

Este estudio es para conocer la influencia que tiene el transporte público, tanto liviano como mediano, así también conocer como afecta el volumen del transporte público a la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija, planificando de esta manera las calles para poder adaptar el desarrollo de las mismas a las necesidades del tráfico.

1.2. ANTECEDENTES.

Desde hace muchos tiempo atrás en el casco central de la ciudad de Tarija, estuvo en ascenso el índice de incremento vehicular y sigue estando en constante ascenso, por lo que en las calles del casco central de la ciudad de Tarija se torno caótico de un tiempo a esta parte, especialmente en días horas y días pico, provocando congestionamientos,

accidentes y choques. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando por no dar una solución adecuada.

En consecuencia que el casco central de la ciudad de Tarija se encuentra en estado conflictivo, ya sea en el congestionamiento vehicular o en la capacidad en zonas críticas, se necesita un estudio de análisis del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio, el cual buscará el beneficio del usuario (la sociedad, conductores y peatones) el vehículo y la vialidad, pero sobre todo a peatones y conductores que deben ser entendidos claramente con el propósito de ser controlados y guiados en forma apropiada.

Dado el carácter estratégico en que se encuentra el casco central de la ciudad de Tarija, el transporte por ellas debe permitir una circulación de forma rápida, cómoda, económica, segura y que permita el acceso de estos vehículos a cualquier punto habitado en el área, no obstante ocurre todo lo contrario, el flujo vehicular es lenta, cara, insegura y no permite los acceso fácilmente al casco central. Para cumplir con un flujo adecuado se necesita hacer un estudio sobre la influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio. Dichos volúmenes de tránsito serán expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hará posible el desarrollo de estimativos razonables de volumen del transporte en la capacidad y nivel de servicio.

Dentro de los estudios relacionados con la Ingeniería de Tráfico consideraremos al transporte público de pasajeros, como un factor de muchísima importancia debido a que el volumen de pasajeros que hace uso del transporte público llega a constituir un factor primordial de atención de ahí la importancia que merece estudiarse con profundidad al transporte público.

1.3. JUSTIFICACION.

Para el estudio de análisis sobre influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija se debe realizar un estudio que permita conocer la situación actual respecto al volumen, su capacidad y nivel de servicio.

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

Su principal objetivo del análisis de la capacidad es la estimación del máximo número de personas o vehículos a los que una instalación puede dar servicio con seguridad razonable dentro de un período de tiempo; es por eso que la capacidad proporciona herramientas para el análisis de las instalaciones existentes y para el planeamiento y dimensionamiento de instalaciones a mejorar o futuras.

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

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

En nuestro medio, el transporte público no ha sido tomado muy en cuenta a través del paso del tiempo y las diferentes líneas tanto de micros como de minibuses se las creó a criterio de las diferentes cooperativas de transporte, sin haber realizado un previo estudio de la justificación de la existencia de las mismas, y por otra parte casi todas las líneas tienen una ruta de recorrido común en la zona central de la ciudad, esto debido a que generalmente todas las instituciones, lugares de trabajo, colegios y universidad se encuentran en esta zona. En la actualidad, en la ciudad de Tarija se hace necesario tomar medidas para descentralizar líneas de micros y minibuses de la zona central de Tarija, por los diferentes problemas que causan los mismos, y de esta manera prevenir los congestionamientos, ya que Tarija aunque es una ciudad relativamente pequeña y presenta en algunas de sus calles congestionamientos vehiculares y peatonales, lo que

todavía se puede regular, por lo se hace necesario realizar un estudio sobre la influencia del volumen del transporte público en la capacidad de servicio en el casco central.

Uno de los parámetros más valiosos con lo que cuenta una sociedad es su infraestructura y su sistema vial, este estudio se justifica porque existe un crecimiento vehicular desmesurado no previsto durante la ejecución de la infraestructura en la ciudad de Tarija lo que produce un congestionamiento, convirtiéndose en una zona donde se ocasionan accidentes, razón principal para este estudio, las estimaciones de capacidad y nivel de servicio son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones de ingeniería de tráfico y de planeamiento de transporte.

El estudio permitirá validar las metodologías del Manual de Capacidad de Carreteras de EE.UU (HCM) para calles de nuestro medio, de manera que su información pueda ser valedera y tomada en cuenta para acciones de control de la circulación.

1.4. SITUACION PROBLEMATICA.

Los problemas en el casco central de Tarija son múltiples, afectando directamente a la vida social, económica, ambiental, etc., y estos necesitan de un estudio profundo de tráfico, así también hacer cursos de conciencia vehicular a los usuarios y a los peatones con la colaboración de los ciudadanos, la policía, docentes especializados en la ingeniería de tráfico y los gobiernos en vigencia.

1.4.1. Definición del problema a seleccionar.

El problema existente en la ciudad de Tarija es la infraestructura del casco centro de Tarija que no fue previsto para los volúmenes de tráfico actuales al ser este un factor que evoluciona en función del tiempo, cosa muy diferente de las calles que mantienen sus condiciones geométricas, este estudio permitirá tener un conocimiento actual del problema.

El elevado flujo vehicular y peatonal en las zonas más conflictivas y congestionadas de la ciudad, lo cual coincide con zonas comerciales, de salud, instituciones financieras, colegios, etc., y de gran concurrencia de personas en general por lo que obliga al servicio de transporte público a pasar por estas zonas para prestar el servicio respectivo.

El desordenado y elevado índice de incremento demográfico y catastral de la ciudad que de acuerdo a datos proporcionados por el INE Tarija está en el orden del 4,76% anual, que dio lugar a la creación desordenada de nuevas líneas de transporte público, que al igual que las líneas ya existentes pasan o tienen su recorrido por los tramos más conflictivos de casco central de nuestra ciudad.

Las diferentes líneas de micros, colectivos, taxis, etc., que tiene su parada en el casco central, éstas paradas quitan de gran manera los parqueos de los automóviles y generan un gran congestionamiento vehicular, aumentando de esta manera los accidentes.

El congestionamiento es dañino para la salud, al estar concentrado en un solo lugar y especialmente en horas picos genera humos tóxicos para la gente que circula por el casco viejo generando pulmonía, cáncer y demás enfermedades derivadas de este humo. También es necesario mencionar los ruidos producidos por los vehículos que afectan a nuestro sistema auditivo como así también a nuestro sistema nervioso.

Y sin lugar a dudas uno de los factores más importantes en este y otros temas es la educación de todos nosotros y en el tema específico de la educación vial tanto del conductor como del peatón y especialmente en los conductores que prestan el servicio de transporte público que a veces paran a levantar pasajeros por doquier sin respetar a los demás vehículos que circulan y sin que haya un mínimo de educación vial.

Estos problemas generó este estudio de análisis sobre influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija, este estudio generará soluciones ya sea de bajo o alto costo, dando a la sociedad una mejor forma de vida.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo general.

- ❖ Realizar el análisis sobre la influencia del volumen del transporte público mediante aforos de volúmenes en puntos críticos para plasmarlo en la capacidad y nivel de servicio en la zona de estudio que comprende desde la calle Juan Misael

Saracho hasta la calle Méndez y de la calle Cochabamba hasta la avenida Víctor Paz Estensoro de nuestra ciudad de Tarija.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Delimitar la zona de estudio y visitas al lugar conociendo sus características tanto físicas como geométricas.
- Determinar los puntos más críticos con la influencia de volumen actual del transporte público dentro de nuestra zona de estudio.
- Determinar las horas picos mediante la recopilación de datos de un día completo de aforo.
- Recopilar los datos de aforos y tiempos del transporte público y privado en los puntos críticos en las horas pico.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio según los criterios del manual de capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles.
- Analizar la relación del transporte público con el transporte privado.
- Comparar la capacidad y nivel de servicio actuales con los proporcionados por la alcaldía.
- Determinar la velocidad de punto en cada uno de los distintos puntos de estudiados como así de manera general de la zona de estudio.
- A partir de los resultados obtenidos realizar un análisis completo sobre la influencia del volumen en la capacidad y nivel de servicio en el casco viejo.
- Dar múltiples soluciones con su respectivo costo e identificarla solución más adecuada para aminorar los problemas que aquejan al casco viejo de nuestra ciudad.

1.6. ALCANCE.

El presente estudio comprende de la calle Juan Misael Saracho hasta la calle Méndez y de la calle Cochabamba hasta la avenida Víctor Paz Estensoro de nuestra ciudad y está orientado a buscar soluciones a los problemas que aquejan al casco central, tanto del transporte público y privado, se tendrá que tomar a consideración lo siguiente:

Primeramente realicé el conteo de las diferentes líneas del transporte público que circulan por el casco central de nuestra ciudad, una vez contado las diferentes líneas se ubicará los puntos donde hay mayor incidencia de volumen del transporte público, generando así ocho puntos de estudio.

Establecido los puntos críticos se procederá a tener información de las características geométricas de los puntos a estudiar, así como también los flujos direccionales que operan dentro del casco central.

El aforo para este estudio es manual que nos proporcionará volúmenes del transporte público y privado, sabiendo el tipo de aforo a utilizar se procedió al aforo de un día completo para así tener una visión clara de las horas picos. Establecido las horas picos se procede a aforar en dichas horas tres veces a la semana durante un mes.

Simultáneamente hice el estudio de velocidades, determine los tiempos a una distancia conocida en los diferentes puntos a estudiar, dichos tiempos son del transporte público y privado.

Teniendo los datos de estudio se calcula la capacidad y nivel de servicio, para analizar la influencia que tiene el transporte público en el centro de nuestra ciudad, asimismo se comparará los datos y resultados obtenidos con los proporcionados por la alcaldía de las diferentes gestiones aforadas.

Identificados los problemas, teniendo datos y resultados actuales, generé múltiples soluciones con su respectivo costo, dichas soluciones son varias, analicé una por una y opté por la solución más adecuada tanto en el costo como en los diferentes problemas que tiene el casco viejo.

El presente estudio comprendido de la calle Juan Misael Saracho hasta la calle Méndez y de la calle Cochabamba hasta la avenida Víctor Paz Estensoro tiene un alcance general que tiene por finalidad el análisis sobre la influencia del volumen del transporte público través de aforos manuales de volúmenes, en los diferentes puntos críticos estudiados, para así plasmarlos y compararlos con datos y resultados históricos en la capacidad y nivel de servicio generando múltiples soluciones con su respectivo costo, para mejorar la

calidad de vida de los usuarios del casco viejo de una manera segura, económica y rápida.

1.7. MEDIOS.

- Los medios requeridos son los siguientes:
- Planos.
- Cámara fotográfica.
- Planilla de aforos.
- Reloj o cronómetro.
- Cinta métrica.
- Calculadora.
- Computadora.
- Datos y resultados históricos proporcionados por la alcaldía.

CAPITULO II

HISTORIA Y ELEMENTOS DE LA INGENIERIA DE TRAFICO.

2.1. HISTORIA DE LA EVOLUCION DE LA INGENIERÍA DE TRAFICO.

2.1.1. Aparición de la rueda.

El tráfico motorizado es un medio de transporte novedoso que se acaba de incorporar a nuestra vida diaria, para la cual se hará una breve reseña histórica de la evolución y beneficios de la rueda y caminos hasta nuestra época actual.

Con la invención de la rueda, probablemente en Mesopotamia (Asia Menor), hace unos 5000 años, se originó la necesidad de superficies de rodamiento que alojasen el incipiente tráfico (carretas de cuatro ruedas, que datan de 3000 años A.C., fueron encontradas en la “*Tumba de la Reina*”, en las ruinas de la Ciudad de Ur, en Mesopotamia.

Las ruedas más antiguas que se conocen fueron construidas en la antigua Mesopotamia, entre el año 3500 A.C. y el 3000 A.C. Se cree que los vehículos de ruedas aparecieron después de la invención del torno de alfarero, y el carro no tardó en sustituir al trineo como medio de transporte. En su forma más simple la rueda era un disco sólido de madera fijado a un eje circular mediante espigas de madera. Luego se eliminaron secciones del disco para reducir el peso y los radios empezaron a emplearse en torno al año 2000 antes de Cristo.

La invención de la rueda fue un importante punto de inflexión en el avance de la civilización humana. La rueda llevó a un uso más eficiente de la fuerza animal en la agricultura y otros terrenos, y se convirtió en un sistema mecánico insustituible para controlar el flujo y la dirección de la fuerza. Las aplicaciones de la rueda en la vida y tecnología modernas son casi infinitas.

2.1.2. Aparición de los primeros caminos.

Desde la antigüedad, la construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las ciudades de las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se

tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores.

Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 A.C.; los chinos, que construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI A.C., y los incas de Sudamérica, que construyeron una avanzada red de caminos que no pueden ser considerados estrictamente carreteras, ya que los incas no conocían la rueda. Esta red se distribuía por todos los Andes e incluía galerías cortadas en rocas sólidas. En el siglo I, el geógrafo griego Estrabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia; los escritos de Heródoto, historiador griego del siglo V A.C., mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones.

Dos grandes pueblos –el Asirio y el Egipcio– iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los cartagineses, se sabe, construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo. 500 A.C.; los etruscos (830 – 350 A.C.) construyeron caminos antes de la fundación de Roma; el historiador griego Herodoto (484 – 425 A.C.) menciona que los caminos de piedra más antiguos fueron construidos por el rey Keops de Egipto, para proporcionar una superficie de rodamiento al transporte de las inmensas piedras destinadas a la erección de las pirámides.

De las carreteras aún existentes, las más antiguas fueron construidas por los romanos. La vía Apia empezó a construirse alrededor del 312 A.C., y la vía Faminia hacia el 220 A.C. En la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 80.000 km, consistentes en 29 calzadas que partían de la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes, incluyendo Gran Bretaña. Las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm., y estaban compuestas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. Según la ley romana toda persona tenía derecho a usar las calzadas, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; durante la edad media (del siglo X al

XV), con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano, el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer.

A mitad del siglo XVII, el gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras, y con este método construyó aproximadamente 24.000 Km. de carreteras principales. Más o menos al mismo tiempo, el Parlamento instituyó un sistema de conceder franquicias a compañías privadas para el mantenimiento de las carreteras, permitiendo a las compañías que cobraran un peaje o cuotas por el uso de las mismas.

Durante las tres primeras décadas del siglo XIX, dos ingenieros británicos, Thomas Telford y John Loudon McAdam, y un ingeniero de caminos francés, Pierre-Marie-Jérôme Trésaguet, perfeccionaron los métodos y técnicas de construcción de carreteras. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. La parte superior de la carretera consistía en una capa de 15 cm. de piedra quebrada compacta.

McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga. En el método de construcción de carreteras de McAdam, la capa final de piedra quebrada se colocaba directamente sobre un cimiento de tierra que se elevaba del terreno circundante para asegurarse de que el cimiento desaguaba. El sistema de McAdam, llamado macadamización, se adoptó en casi todas partes, sobre todo en Europa. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente.

2.1.3. Aparición del automóvil.

En el siglo XV, la población y el tránsito, restringidos hasta 1453 por la guerra de 100 años entre Inglaterra y Francia, empieza a resurgir. En el siguiente siglo la población de Europa se duplica y el tráfico se multiplica en razón directa, apareciendo los primeros mapas de caminos y reapareciendo los vehículos, los cuales habían sido desplazados por el caballo y las bestias de carga; es decir, no es sino hasta el siglo XVI en que el vehículo

vuelve a influir en la vida económica de Europa. A mediados de ese mismo siglo los conquistadores españoles inician la construcción de caminos en América como medio para extender su colonización y explotación de recursos en la Nueva España.

Durante el siglo XVI es introducida en América, por el español Sebastián Aparicio, la carreta. Él construyó la primera carretera del Nuevo Mundo, entre México y Veracruz, aproximadamente entre 1540 y 1550.

Durante este siglo y el XVII, a pesar de una falta de gobiernos centrales que se preocupen por los caminos, siguen haciéndose esfuerzos por mejorar algunos existentes y se multiplica el número de vehículos tirados por los animales. La industrialización de algunas regiones contribuye a aumentar el uso de los mismos.

En el siglo XVIII marca la iniciación de la Era Moderna. El tránsito se incrementa con grandes esfuerzos, debido al mal estado de los caminos. A su desarrollo contribuye enormemente la introducción del cobro de cuotas de peaje, que permiten la construcción y conservación de estos caminos. Esta práctica se hace común tanto en Europa como en las colonias americanas. En los Estados Unidos el desarrollo de estos caminos influye grandemente en la expansión del territorio y en su fortalecimiento económico. En este siglo las diligencias dominan el tráfico, extendiendo enormemente las zonas de influencia de la industria y el comercio.

Las últimas décadas del siglo XIX ven la aparición del automóvil con motor de gasolina y renace el deseo de conservar en buen estado los caminos que habían sido abandonados una vez más.

Puede afirmarse que el vehículo de motor de combustión interna en la forma que lo conocemos actualmente, forma parte y nació con el siglo XX.

Al iniciar su vida y considerado como un artefacto de lujo y deporte, encontró serios obstáculos por los malos caminos y leyes anacrónicas, además de la natural oposición de las empresas y particulares habituados al ferrocarril y los carruajes tirados por animales, por lo que hubo que esperar para su florecimiento hasta principios del siglo XX.

Los grandes desarrollos en transporte han neutralizado relativamente el obstáculo espacio con la reducción de distancias expresada en disminución de tiempos de viaje, permitiendo la integración de las distintas zonas y funciones de la ciudad y de esta con áreas adyacentes e incluso distantes, lo cual influyó en la progresiva ampliación de las concentraciones urbanas.

2.1.4. Nacimiento de la ingeniería de tráfico.

Después de la aparición del vehículo automóvil, las carreteras se proyectaban teniendo en cuenta únicamente el movimiento de vehículos aislados, debido a que circulaba un número muy bajo de ellos para entonces y bastaba que cada uno pudiera moverse a una velocidad razonable y segura para que la carretera cumpliera con todos sus objetivos. Pero ya hacia 1920 el número de vehículos en circulación era lo suficientemente elevado como para establecer medidas de regulación que evitasen las dificultades de circulación.

El objetivo principal de las medidas fue mejorar la seguridad basándose en su comienzo con la práctica de la policía, pronto fue necesario adoptar medidas más eficientes por lo que 1920 y 1930 en los Estados Unidos nace la *Ingeniería de Tráfico* con el fin de mejorar la explotación de las redes viarias existentes, pocos años después la Ingeniería de Tráfico se introdujo también en el proyecto de nuevos caminos.

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.

2.1.5. Definición de la ingeniería de tráfico.

Para entender el concepto tanto técnico como científico de la Ingeniería de tráfico y transporte tenemos las siguientes definiciones:

- **Ingeniería de Tráfico:** es la rama de la Ingeniería que trata del planeamiento, trazado y funcionamiento de las calles y carreteras, así como de los aparcamientos, terrenos colindantes y zonas de influencia y de su relación con otros medios de transporte. Su objetivo es que el movimiento de personas y mercancías, se realice de la forma más segura, eficaz y cómoda.
- **Transportar:** Llevar una cosa de un lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido.
- **Transporte o transportación:** Acción o efecto de transportar o transportarse.
- **Transitar:** Ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos.
- **Tránsito:** Acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro.
- **Tráfico:** Tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc.

2.1.6. Objetivos y alcance de la ingeniería de tráfico.

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

La ingeniería de tráfico analiza lo siguiente:

Características del tráfico.

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. Por otro lado se estudia al usuario todas las reacciones para maniobrar el vehículo como ser: rapidez de reacción para frenar, para acelerar, su resistencia al cansancio, etc.

Reglamentación del tráfico.

Se debe establecer los reglamentos del tráfico, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento.

También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tráfico en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policiaco en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

Señalamiento y dispositivos de control.

Su función principal es la determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

Planificación vial.

Es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles a las necesidades del tráfico, 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.

Administración

Para tener buenos resultados se debe considerar varios aspectos tales como: económicos, políticos, fiscales, de relaciones públicas, de sanciones, etc.

Factores que intervienen en el problema.

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

Diferentes tipos de vehículos en el mismo camino.

Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.

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

Superposición del tránsito motorizado en caminos inadecuado.

- Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.
- Calles angostas, torcidas y fuertes pendientes.
- Aceras insuficientes.
- Caminos que no han evolucionado.

Falta de planificación del tránsito.

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

El automóvil no considerado como necesidad pública.

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

Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.

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

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

2.1.7. Soluciones al problema del tráfico.

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

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

2.1.7.1. Solución integral.

Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de calles 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 calles con especificaciones modernas.

2.1.7.2. Solución parcial de alto costo.

Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las calles 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.

2.1.7.3. Solución parcial de bajo costo.

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. Incluye, entre otras cosas, la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tráfico, el sistema de calles con circulaciones un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de tráfico y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo; las facilidades para la construcción de terminales y estacionamientos; etc. En este tipo de solución tiene una

gran importancia y participación la reglamentación del tráfico así como la disciplina y educación de parte del usuario.

2.2. ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.

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

- El usuario.
- El vehículo.
- La calle.

2.2.1. El usuario.

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.

2.2.1.1. El peatón.

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

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

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

El 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 son compartidas por los peatones y vehículos. 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.

2.2.1.2. El conductor.

El conductor es la persona que dirige o controla un vehículo automotor, es quizá dentro el complejo proceso de tráfico uno de los elementos más importantes.

El vehículo sin la preparación adecuada del conductor puede convertirse en un arma homicida. El conductor con un leve movimiento del pedal puede acabar con la vida de varias personas en unos cuantos instantes.

Una vez ante el volante de un vehículo el conductor tiene libertad de acción muy grande, si bien no absoluta. Puede elegir el origen y el destino de su ruta, las paradas y demoras, la velocidad con que recorrerá en su ruta.

El conductor constituye el elemento de tráfico más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de las calles urbanas y de su 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. Se ha encontrado para el conductor un tiempo mínimo de reacción son:

- Para un vehículo sin movimiento un tiempo promedio de 0.25 seg. , por ejemplo el tiempo de reacción para arrancar el vehículo cuando el semáforo cambia de rojo a verde.
- Para un vehículo sin movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.25 seg.
- Para un vehículo en movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.83 seg.
- En algunos casos podría llegar hasta 2 ó 3 seg.

Factores que pueden modificar las facultades del individuo en el tiempo de reacción.

- La fatiga.
- Las enfermedades o deficiencias físicas.
- El alcohol y las drogas.

- Su estado emocional.
- El clima.
- La época del año.
- Las condiciones del tiempo.
- La altura sobre el nivel del mar.
- El cambio del día a la noche y viceversa.

Características del conductor.

Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que transmiten los sentidos, cuya información llegan al conductor a través de los ojos, oídos y terminales nerviosas, las características más importantes del conductor son:

- Cono de agudeza visual, se refiere a la visión más nítida de una persona que está concentrada dentro de un cono con un ángulo central de alrededor de 3 grados respecto a la horizontal. La agudeza visual es razonablemente nítida dentro de un ángulo cónico de hasta 10 grados aproximadamente.
- Visión periférica, se refiere a que una persona puede percibir objetos periféricos dentro de un cono con ángulo central de hasta 160 grados.
- Información visual, se refiere a que el conductor mediante movimientos de la cabeza y los ojos aumenta la cantidad de información visual recibida.
- Encandilamiento, se refiere a la visión del conductor en condiciones de encandilamiento.
- Sensibilidad visual a la luz y al color (daltonismo).
- La altura del ojo del conductor respecto a la superficie será de 1,14 metros.
- Percepción del espacio, es decir, que al divisar un obstáculo u objeto a velocidades altas la distancia de frenado será mayor.

2.2.2. El vehículo.

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.

Es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

2.2.2.1. 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 guiarán 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).

2.2.2.2. Vehículos ligeros.

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.

2.2.2.3. Vehículos pesados.

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.

2.2.2.4. Características físicas de los vehículos.

De las características físicas que son el ancho, largo y alto de los vehículos además del peso, las primeras geométricamente, sin duda, van a tener mayor influencia en la problemática del tráfico más aún en los trazos urbanos en donde las calles de circulación vehicular sólo son una parte del equipamiento urbano; por lo tanto, las modificaciones físicas son más difíciles de realizar.

Sin embargo, por otra parte los centros urbanos tienen un parque automotor donde un gran porcentaje de los mismos son vehículos livianos cuyas dimensiones tienen una tendencia por los fabricantes, de reducir tanto el ancho como el largo.

En nuestro país, se tiene una ley de carga donde se establecen los pesos límites que deben transitar por las carreteras, suponiendo que ese tipo de transporte no circula por los trazos urbanos y de hacerlo se establecerán rutas especiales de tráfico pesado, sin embargo los ciudadanos son muy irresponsables al querer cumplir las normas, es difícil que los ciudadanos lo cumplan, se deberá normar la reglamentación según su penalidad siendo severos y estrictos en el cumplimiento de nuestras normas, solo así disminuirá los problemas de tráfico en el área urbana en especial en el casco viejo de nuestra ciudad de Tarija.

A continuación mostramos características y límites de vehículos livianos y medianos normados para el área urbana:

Tabla 1. Dimensiones de los automóviles.

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	6.0 m.	4.56 m
Ancho	2.06 m.	1.14 m.

Alto	1.75 m.	1.25 m.
------	---------	---------

Tabla 2. Dimensiones de los autobuses.

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	12.25 m.	7.15 m.
Ancho	2.44 m.	2.44 m.
Alto	2.9 m.	2.44 m.

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia

2.2.2.5. Uso y utilización del vehículo.

Es importante también tener en cuenta en el elemento vehículo el uso o la utilización que tiene este por los diferentes usuarios ya que debido a ello es muy probable que haya mayor incidencia de algunos vehículos que otros generando de tal manera un problema de tráfico.

Entendemos por usos a que si el vehículo es usado como elemento particular o como un elemento público, cuando el vehículo es usado para transporte particular; por lo general, este tipo de vehículos, si bien tiene un mayor porcentaje en el parque automotor, su comportamiento es variable en función a la utilización que le dan a los mismos, es decir que podrían ser vehículos que sirven para el transporte a los lugares de trabajo, los cuales son utilizados todos los días de la semana pero con direcciones de flujo casi constantes; en otros casos, los vehículos particulares sólo son usados los fines de semana con fines de recreación, donde el flujo también esta incrementado hacia el área de esparcimiento de los centros urbanos.

Por otra parte, también existen otros vehículos particulares de carácter comercial cuya labor es la distribución de artículos que tendrán también sus flujos direccionales prácticamente constantes; y otros vehículos particulares cuyo comportamiento es más

variable; es decir, se usa el vehículo con diversos fines y recorridos variables, cuyos flujos no se pueden establecer como constantes ni proyectar su tendencia futura.

Los otros vehículos cuyo uso es de carácter público y que generalmente sirve de transporte de pasajeros, en algunos casos de carga, los cuales a pesar de tener rutas definidas por un volumen de tráfico permanente y constante resulta tener una mayor incidencia ya que ligado a este tipo de vehículos está el comportamiento del usuario peatón que es el usuario del transporte público en ciudades urbanas.

Uno de los grandes problemas de las ciudades es el manejo del transporte público debido al alto índice de utilización en función al crecimiento poblacional; por ello, en las grandes ciudades con poblaciones que superan el millón de habitantes se han buscado soluciones estructurales como son el caso de sistema de ferrocarriles eléctricos, subterráneos, etc.

En nuestro medio, sin contar con una población demasiado grande, el transporte público tiene una incidencia muy importante en el problema del tráfico por dos razones fundamentales:

Por el incremento considerable del parque automotor en el transporte público a nivel de taxis, micros, colectivos y minibuses.

Porque ese parque automotor de transporte público tiene establecidos sus flujos principales de circulación sobre las calles de mayor volumen de tráfico.

Por ello, es importante conocer mediante un estudio de tráfico, cuál es el porcentaje de vehículos de acuerdo al uso o a la utilización, para que en el planteamiento de soluciones sean tocados los puntos que más incidan en el problema de tráfico.

2.2.3. La calle.

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos.

La calle es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera

continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El elevado nivel de vida de un país se relaciona directamente con sus calles de las áreas urbanas.

2.2.3.1. Distancia de visibilidad.

En las calles de una ciudad conviene mantener una distancia mínima de visibilidad igual a la distancia de parada en todo el recorrido.

En función a la velocidad de diseño pueden adoptarse la distancia de paradas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 3. Distancias de parada en función de la velocidad de diseño.

Velocidad (Km/h)	0	20	30	40	50	60	70	80
Distancia de parada (m).	0	15	20	32	50	70	90	110

Fuente: Recomendaciones para el proyecto y viario urbano (2000) Madrid.

2.2.3.2. Sección transversal.

Los espacios relacionados con los movimientos de los vehículos son los siguientes:

- Calzada.
- Mediana o jardinera central.

Calzadas urbanas.

Suele estar dividida en carriles, las cuales son bandas de circulación de un vehículo individual, la dimensión recomendable para cada carril depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Tipo de tráfico dominante en el mismo.
- Su intensidad.
- Su ubicación en la calzada (derecha, central, etc.)
- El rango jerárquico de la calle.

A continuación se indican las dimensiones más usuales de calles urbanas:

Tabla 4. Dimensiones de calles urbanas.

Carril bus	- 3.30 m mínimo 3.00 m
Carriles de servicios de aparcamientos	- Según la disposición

Fuente: Recomendaciones para el proyecto y viario urbano (2000) Madrid.

Mediana o jardinera central.

Es el elemento de separación longitudinal entre las calzadas de algunas calles de anchura importante, la funcionalidad de las distintas anchuras de las mismas viene en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Dimensiones de jardinera central.

Anchura	Funcionalidad
0.80 m	- Mínimo absoluto (separador), si no hay separadores ni arcenes centrales. Valor mínimo para disponer la señalización vertical. Debe pavimentarse no protege los giros a la izquierda.(puede reducirse a 0.50 si existen arcenes centrales)
1.80 – 2.00 m	- Mínimo recomendable. Puede servir de refugio a peatones y contener señalización vertical. Debe ser pavimentada.
3.50 – 4.00 m	- Mínimo valor de mediana ajardinada y para disponer de carriles giro a la izquierda.
6.00 m	- Mínima anchura para prever futuras ampliaciones de calzadas con carriles bus o similares.
12.00 m	- Anchura que permite paseos peatonales, plantaciones y ajardinamientos, carriles bus, isletas de parada, giros en U sin invasión de los carriles exteriores.

Fuente: Recomendaciones para el proyecto y viario urbano (2000) Madrid.

2.2.4. Factores que afectan la capacidad y el nivel de servicio.

Intersecciones a nivel.

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

Y en cuanto al tipo de regulación se presenta una regulación por medio de semáforos, señales verticales y horizontales a normas establecidas.

En el caso que no hubiesen semáforos, el número de combinaciones que pueden darse, considerando el volumen de tráfico y las características geométricas de las calles, que forman la intersección, por lo que no es posible un estudio sistemático del problema; sin embargo, se puede tomar como punto de referencia la capacidad que existiría si en los semáforos el reparto de los tiempos verdes fuera directamente proporcional a los volúmenes de tráfico en cada acceso es inversamente proporcional al ancho de los mismos; la capacidad que obtendríamos en estas condiciones representaría la máxima solo alcanzable en condiciones ideales.

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

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

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

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

Estacionamiento.- La determinación de estacionamiento en las proximidades de una intersección debe tomarse como una medida de control de tráfico, ya que la existencia o no de estacionamiento tiene mucha importancia que merece la pena ocuparse de ello antes de otros factores.

Por otro lado, es sabido que la restricción de estacionamiento siempre produce un aumento significativo en la capacidad, es por eso que siempre que se está estudiando la posibilidad de eliminar o restablecer el estacionamiento deberá considerarse el efecto que producirá en la calle.

La restricción del ancho en un vehículo parado es mucho mayor que el ancho del propio vehículo, porque se necesita espacio para abrir las puertas sin que esto signifique realizar una maniobra para los vehículos que circulan por su lado. Así mismo, cuando se habla de inexistencia de estacionamiento, se entiende lo que materialmente es el acceso a la intersección, lo cual no significa que tenga que estar prohibido el estacionar desde el cruce anterior.

2.2.4.1. Condiciones ideales

Muchos de los procedimientos utilizados proporcionan unas formulaciones sencillas para un conjunto de condiciones definidas como estándar (ideales), que deben corregirse para tener en cuenta las condiciones prevalecientes que no coincidan con ella. En principio, una condición es ideal cuando su mejora no produce un incremento en la capacidad. En estas condiciones se presume buen clima, pavimento en buen estado, usuarios “racionales” y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo.

Las siguientes son las condiciones ideales para infraestructuras de flujo ininterrumpido:

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos
- Carriles de no menos de 3,00 m
- Una distancia (bermas) de 1,5 m entre el borde de la calzada exterior y los obstáculos u objetos adyacentes a la vía o separador
- Velocidad de proyecto de 90 k/h para calles de 2 carriles.
- Flujo constituido únicamente por vehículos ligeros. Ausencia de vehículos pesados.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas
- Visibilidad adecuada para adelantar
- Señalización horizontal y vertical óptima.
- Terreno llano y rasante horizontal

En la mayoría de los análisis las condiciones existentes difieren de las condiciones ideales, por lo cual se deben incluir correcciones que reflejen la inexistencia de las condiciones ideales.

2.2.4.2. Condiciones de la calle.

Las condiciones que afectan a las calles, que comprendan las condiciones geométricas y los elementos del proyecto, son los siguientes factores:

- El tipo de calle y el medio urbanístico en que está inmersa.
- La anchura de carril.
- El ancho de las bermas y los despejes laterales.
- La velocidad de proyecto.
- El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical.
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

CAPITULO III

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LAS CALLES URBANAS

3.1. TRANSPORTE URBANO.-

El transporte urbano implica la evaluación y la selección de las calles para servir en condiciones presentes y futuras. Por ejemplo, la construcción de un nuevo centro de compras, colegios, instituciones o centro de convenciones requerirá servicios adicionales de transporte, así también, un nuevo desarrollo residencial, espacios de oficinas, y los parques industriales generarán por el tráfico adicional, requiriendo la creación o la expansión de calles y de los servicios de tráfico.

El planeamiento del transporte urbano se refiere a dos horizontes de tiempo separados. El primer horizonte es un énfasis a corto plazo previsto para seleccionar los proyectos que se pueden poner en ejecución dentro de un período de uno a tres años. Estos proyectos se diseñan para proporcionar una mejor gerencia de las instalaciones existentes haciéndolas tan eficientes como sea posible. El segundo horizonte se ocupa de las necesidades de largo alcance del transporte de un área e identifica los proyectos que se construirán sobre períodos de 20 años.

Los proyectos a corto plazo implican programas tales como la sincronización de las señales verticales y horizontales, señales informativas, preventivas y educativas de tráfico para mejorar el flujo vehicular, franjas de estacionamiento y lotes de parqueo para aumentar la calidad del flujo vehicular.

Los proyectos a largo plazo implican programas tales como la apertura de calles, nuevas líneas de autobús, sistemas y extensiones rápidas de tráfico, o calles de acceso a los aeropuertos, a los centros comerciales u otras instituciones.

3.2. CARACTERISTICAS DEL TRAFICO.

Tres parámetros básicos pueden ser utilizados para describir el tráfico en cualquier calle:

a) Velocidad.

b) Volúmenes.

c) Densidad.

El Manual de Capacidad de Carreteras 2,000 /HCM 2,000, por sus siglas en inglés, *Highway Capacity Manual*, divide el tránsito en dos situaciones, a) el flujo ininterrumpido y b) el flujo interrumpido. Para éste análisis, se usará como base el flujo ininterrumpido, ya que el flujo interrumpido es usado para el tránsito urbano.

3.2.1. Velocidad.

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 calle 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, generalmente como kilómetros por hora (km/h).

El HCM 2,000 usa la velocidad promedio de viaje como la medida de velocidad, ya que es fácil de calcular observando cada vehículo dentro del tráfico y es la medida estadística más relevante en relación con otras variables. La velocidad promedio de viaje se calcula dividiendo el largo de la calle, sección o segmento bajo consideración entre el tiempo promedio de viaje de los vehículos que pasan por dicho segmento. La ecuación para el cálculo es como sigue:

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

Donde:

v: velocidad constante en (Kilómetros por hora).

d: distancia recorrida (Kilómetros).

t: tiempo de recorrido (horas)

El tiempo de espera es mal soportado por el transporte público mediano. Las paradas y estacionamientos del transporte público y privado que circulan por el casco central de la ciudad de Tarija, no debe ser superior a 5 minutos. Por último la duración del tiempo de recorrido es un elemento que naturalmente conviene reducir al máximo.

En el caso de la ciudad de Tarija tenemos la siguiente relación de velocidades de diseño de acuerdo al tipo de vía:

Tabla 6. Velocidades de diseño de las calles de la ciudad de Tarija.

JERARQUÍA VIAL	DESIGNACIÓN	VELOCIDAD DE DISEÑO
I	Distribuidor regional	80 km/hr.
II	Distribuidor principal	60 km/hr.
III	Distribuidor distrital	45 km/hr.
IV	Distribuidor local	40 km/hr.
V	Calles de acceso	30 km/hr.

Fuente. Desarrollo Urbano Tarija

Sin embargo el HCM señala que las velocidades que estén por debajo de los 40 Km/h están en un nivel de servicio (F), este nivel de servicio es un flujo forzado, que se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranque, extremadamente inestables.

La velocidad es un elemento fundamental del tráfico porque depende de ella el comportamiento vehicular, es decir, que depende de las condiciones en que circula un vehículo por las calles ya que condiciona su velocidad. En la práctica existen diferentes velocidades que se pueden determinar cómo ser:

- Velocidad de punto.
- Velocidad de recorrido total.
- Velocidad de cruceo.
- Velocidad directriz o de diseño.
- Velocidad media de circulación.

3.2.1.1. Velocidad de punto.

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una calle.

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, .enscopios.

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

$$V_p = \frac{d}{(t_f - t_o)}$$

Donde:

Vp: velocidad de punto (Km/h)

d: distancia fija (Km)

to: tiempo inicial (h)

tf: tiempo final (h)

3.2.1.2. Velocidad de recorrido total.

Conocida también como velocidad de recorrido total, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas al tráfico ajeno a la voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la calle como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc.

Esta velocidad no es más que el cociente que resulta de dividir la distancia recorrida por un vehículo entre el tiempo total que se empleó en recorrer dicha distancia.

En ese tiempo están incluidos todos los tiempos en que el vehículo se haya detenido por cualquier motivo o haya variado su velocidad.

Esta velocidad sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez del tráfico.

$$V_r = \frac{dr}{t_c + t_d}$$

Donde:

V_r : velocidad de recorrido total (Km/h).

dr : distancia de recorrido (Km).

t_c : tiempo de circulación (h).

t_d : tiempo de demoras (h).

3.2.1.3. Velocidad de cruceo.

La velocidad de cruceo o velocidad de marcha se define como la distancia total recorrida dividida entre el tiempo de marcha. El tiempo de marcha excluye todas las paradas y demoras.

La velocidad de cruceo también es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo efectivamente en movimiento.

Del tiempo de recorrido se deberán descontar todos aquellos tiempos en que el vehículo se hubiera detenido por cualquier causa.

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

Donde:

V_c: velocidad de cruceo (Km/h).

dr: distancia de recorrido (Km)

tc: tiempo de circulación (h).

3.2.1.4. Velocidad de proyecto.

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es la velocidad máxima en la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una calle, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a: la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos.

Llamada también velocidad directriz o velocidad de diseño, es aquella a la cual, un conductor de habilidad media con razonable atención puede recorrer el camino con entera seguridad, es decir, es aquella velocidad máxima segura que puede mantenerse en un tramo de una calle.

3.2.1.5. Estudio de velocidad de punto.

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una calle o zona de estudio, 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 calle.
- Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

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, esto es debido al transporte público mediano, el cual aunque la calle este libre este viaja a su propia velocidad, limitando la velocidad del vehículo que va detrás, generando así congestión en una calle libre.

Es por eso que en el presente estudio se considera al transporte público mediano como uno de los factores fundamentales del congestión que existe en el casco central de la ciudad de Tarija.

3.2.1.6. Estudio de velocidad de recorrido.

Los estudios de velocidad de recorrido sirven para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito.

En este tipo de estudios juega un rol importante el tiempo total de recorrido en el que, incluye las demoras debidas al tránsito.

3.2.2. Volumen.

El volumen de tráfico es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”.

Por lo general se lo registra el volumen en un intervalo de una hora, es decir la cantidad de vehículos que pasa en un punto en esa determina hora pico, también se lo registra en otros tiempos picos que son: día, mes, año, etc.. el proyectista vera el tiempo más adecuado para su aforo. Para este estudio se registró los volúmenes en un intervalo de una hora, siendo este tiempo una hora pico. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las calles urbanas.

Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico”. Los volúmenes de hora pico son usados como la base para el diseño de calles y para varios tipos de análisis operacionales.

Para períodos menores a una hora, generalmente el volumen se expresa como un equivalente horario de las razones de flujo.

Para períodos de 15 minutos, la ecuación se convierte en:

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

- Tráfico promedio diario (T.P.D.).
- Tráfico promedio horario (T.P.H.).

a).- Tráfico promedio diario (T.P.D.).- Se define el volumen de tránsito promedio diario como el número total de vehículos que pasan por una sección longitudinal de una calle en el tiempo de un día, este es un valor importante como valor referencial debido a que nos muestra las variaciones horarias dentro del día.

b).- Tráfico promedio horario (T.P.H.).- Es la cantidad de vehículos que son registrados en una sección longitudinal de una calle en el periodo de tiempo de una hora. Este valor es mucho más representativo y significativo para el estudio de tráfico ya que nos muestra las variaciones horarias; pudiendo obtenerse las horas pico o críticas.

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

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

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

$$TPH = \frac{V}{4 * V_{15}}$$

Donde:

V: volumen horario (veh/hr)

V₁₅: volumen máximo en 15 minutos de la hora (veh).

El valor del TPH está entre el rango de 0.95 y 0.75, con valores más bajos, significaría una gran variación en el flujo durante la hora pico.

Según el HCM 2,000, el valor del TPH el valor para áreas urbanas es de 0,92.

3.2.3. Densidad.

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de un carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

La densidad se puede calcular como sigue:

$$D = \frac{v}{S}$$

Donde:

v: razón de flujo (veh/hr).

S: velocidad promedio de viaje (km/hr).

D: densidad (veh/km).

La densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tráfico, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tráfico.

3.2.4. Tasa de flujo (q) y volumen (Q).

La tasa de flujo es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección transversal de una calle en un tiempo menor a una hora, se puede expresar en unidades de [veh/hora] teniendo en cuenta que no representa exactamente el número de vehículos por hora. Por otra parte el volumen si puede representar una cantidad de vehículos que pasan durante un periodo de tiempo mayor o igual a una hora. Se expresa el flujo de la siguiente manera:

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

Donde:

q: tasa de flujo (veh/periodo).

N: número de vehículos que pasan (veh).

T: tiempo o periodo determinado (unidad de tiempo).

Volúmenes de tráfico absolutos o totales.

Son volúmenes de tráfico que están clasificados de acuerdo al lapso de tiempo determinado para su cálculo, este lapso puede ser un año, un mes, una semana, un día.

Tráfico promedio anual (TPA).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos (T=1 año).

Tráfico promedio mensual (TPM).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de (T= 1 mes).

Tráfico promedio semanal (TPS).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos (T = 1 semana).

Tráfico promedio diario (TPD).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas (T = 1 día).

Tráfico promedio horario (TPH).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos (T = 1 hora).

Volúmenes de tráfico promedio diarios (TPD).

El TPD es una medida de tráfico fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días. En función del número de días del periodo establecido, los volúmenes de tráfico promedio diarios se clasifican en:

Tráfico promedio diario anual (TPDA).

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Tráfico promedio diario mensual (TPDM).

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

Tráfico promedio diario semanal (TPDS).

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Volúmenes de tráfico horarios (VTH).

Su unidad de medida son los vehículos por hora, se clasifican de acuerdo a la hora seleccionada como se detalla a continuación.

Volumen horario máximo anual (VHMA).

Es el máximo volumen horario que pasa por un punto o sección transversal de una calle durante un año; es decir, 1 de 8760 horas en la que se registra el mayor volumen de tráfico.

Volumen horario de máxima demanda (VHMD).

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una calle o sección durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día.

Características de los volúmenes de tráfico.

Dado el carácter dinámico que presentan los volúmenes de tránsito, es necesario conocer las variaciones periódicas que tiene el mismo dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Así mismo, se debe considerar las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional, y su composición.

Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

El valor obtenido de un volumen horario de máxima demanda, no necesariamente es constante a lo largo de toda la hora, existen periodos dentro de la hora donde las tasas de flujo son mayores a la de la hora misma.

Para hacer un análisis de las variaciones de volumen de tráfico en la hora de máxima demanda se utiliza el factor horario de máxima demanda que relaciona el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo. Su fórmula matemática es:

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

Donde:

FHMD: factor horario de máxima demanda.

VHMD: volumen horario de máxima demanda.

N: número de periodos durante la hora de máxima demanda.

q_{max} : flujo máximo.

Los periodos de tiempo dentro de la hora de máxima demanda pueden ser 5, 10, 15 minutos. Para un periodo de 15 minutos se tiene:

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

Para un periodo de 10 minutos se tiene:

$$FHMD = \frac{VHMD}{6 * (q_{MAX})}$$

El máximo valor que puede alcanzar el FHMD es la unidad, que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos dentro de la hora, cuanto más inferior a la unidad sea el valor de FHMD indica que existen concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

Variación horaria del volumen de tráfico.

Es la variación que se presenta en los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, esta variación depende del tipo de ruta y la actividad que prevalezca sobre la misma, como ser: rutas de tipo agrícola, comercial, turística, etc.

En el presente proyecto las variaciones horarias en el casco viejo de la ciudad de Tarija son: se incrementa hasta un máximo entre las **07:30** hasta las **08:30** horas; luego baja, para alcanzar otro máximo entre las **12:00** hasta las **13:00** horas; por último alcanza un tercer máximo entre las **18:00** hasta las **19:00** horas para luego bajar nuevamente a un mínimo en la madrugada.

Variación diaria del volumen de tráfico.

En las calles del casco viejo de la ciudad de Tarija se presentan volúmenes estables de Lunes a Sábado. Existe una notable variación en días de eventos especiales como ser: aniversarios regionales o estatales, navidad, fin de año, competiciones deportivas, etc.

Estas situaciones afectan directamente a la capacidad y por ende al nivel de servicio, es decir, a mayor volumen menor será la capacidad de las calles y mayor será el nivel de servicio.

Variación mensual del volumen de tráfico.

Los meses en que las calles presentan máximos volúmenes de tráfico son por lo general los meses de vacación escolar, meses de vacación de fin de año, mes de alguna festividad regional, etc. Por lo general estas variaciones se mantienen constantes año a año siempre que no se realice cambios importantes en el diseño de la vía, en los usos de la tierra, o se construyan vías alternas.

El objetivo de obtener la capacidad es determinar el valor o la cantidad de vehículos que realmente pueden pasar por una sección en un tiempo determinado, para de esta manera poder comparar este valor con el volumen de tráfico aforado en el momento actual y también poder proyectarlo hacia el futuro.

Las relaciones entre volumen y la capacidad nos permiten realizar un análisis del comportamiento del tráfico. Las condiciones que se pueden ser las siguientes:

- Si el volumen de tráfico es menor ($<$) a la capacidad, las condiciones de circulación pueden ser aceptables.
- Si el volumen de tráfico es igual ($=$) a la capacidad, las condiciones de circulación son críticas pero aceptables.
- Si el volumen de tráfico es mayor ($>$) a la capacidad, la condición de circulación ya no es aceptada.

Este análisis de calidad de circulación en calles ha sido clasificado por el manual de capacidad a través de los niveles de servicio.

3.2.5. Aforos de volumen.

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una calle 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 calle. 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.

3.2.6. Métodos de aforo.

Métodos manuales.

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la calle, 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. Para este estudio el tiempo de aforo es de una hora. Una vez identificado los tiempos críticos, se aforo tres veces al día, en las tres horas picos, durante tres veces a la semana, en un periodo de un mes.

Son realizados definiéndose puntos sobre calle o sección a ser estudiada, sección en la cual se debe realizar el conteo de vehículos que pasan en tiempos determinados ya sean horarios o diarios. Para ello es necesario contar con personal capacitado para realizar esta operación, los aforos manuales generalmente son realizados en periodos cortos de tiempo especialmente en horas pico, los cuales son generalmente en tiempos menores a una hora como ser 5, 10, 15, 20, ó 30 minutos, la elección del tiempo (5, 10, 15, 20, ó 30 minutos) es en función del volumen que existe en esa sección, es decir a mayor volumen menor será el tiempo de aforo y viceversa. Par este estudio se hizo en el intervalo de 15 minutos durante 1 hora. Posteriormente, se los expande a una hora empleando factores como por ejemplo emplear 4 veces el volumen correspondiente a 15 minutos.

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

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

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

Métodos automáticos.

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la calle, 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 calle, 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.

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

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

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

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

La desventaja de los contadores automáticos es que no permiten clasificar a los vehículos de acuerdo a su tipo o los giros que realizan los vehículos.

3.3. CAPACIDAD.

Un objetivo principal del análisis de la capacidad, es estimar el número máximo de vehículos que una calle puede acomodar con razonable seguridad durante un período específico de tiempo.

Las calles del casco central de la ciudad de Tarija no operan en su máxima capacidad, si nos, todo lo contrario, produce congestionamiento y se estacionan en las carriles del casco central, al estacionarse pierde el 50% de su capacidad y al producirse congestionamiento o se estacionan en plena calle pierde el 100% de su capacidad, usando de esta manera los dos carriles que tiene la calle.

En consecuencia, el análisis de capacidad también estima el aumento de tráfico que una calle puede acomodar mientras mantiene su nivel de operación prescrito, pero como el índice de crecimiento vehicular va en ascenso, esta operación prescrita se hace obsoleta y con los problemas que genera se tiene que dar solución a los problemas que presenta en su capacidad.

La solución está directamente relacionada con la capacidad de las calles, ya que el objetivo de la solución, es que la capacidad de la calle opere a su 100%, dando así mayor fluidez aumentando la velocidad y también que el volumen sea menor a su capacidad para que de esta manera el nivel de servicio baje.

3.3.1. Definición de Capacidad.

La capacidad es el máximo número de vehículos que pueden circular en un punto dado durante un período específico de tiempo, bajo condiciones prevalecientes de la calle. Asumiendo que no hay influencia del tránsito más adelante, dentro del punto en análisis.

Las condiciones prevalecientes de la calle se refieren a características geométricas como el número y uso de carriles, ancho de calle, configuración de carriles y la infraestructura que presenta el casco central de la ciudad de Tarija.

El flujo máximo del tráfico de una calle es su capacidad, que ocurre cuando se alcanza la densidad crítica y el tráfico se mueve a la velocidad crítica. Esto regularmente ocurre en la hora pico del volumen del tráfico, la hora pico es el período más crítico.

La capacidad frecuentemente se mide en vehículos por hora (veh/hr).

3.3.2. Factores que se refieren al tráfico.

Autobuses.- Los autobuses afectan en gran manera a la capacidad de las calles urbanas; sin embargo, por esta razón es necesario considerar el volumen del transporte mediano público en función al total.

La influencia que tiene el transporte mediano en el casco central de la ciudad de Tarija es considerable, esto es debido a la demanda de transportarse de un lugar a otro, ya sea que su destino sea el centro de la ciudad o que pase por centro de la ciudad, las velocidades de los mismos son menores debido al congestionamiento y a que el conductor del transporte mediano quiere recoger la mayor cantidad de pasajeros haciendo escala en cada esquina.

Taxis.- Los taxis tienen una mayor influencia en la capacidad de las calles afectando en gran manera al congestionamiento que llega a tener el casco central de la ciudad de Tarija. La velocidad de los taxis es más fluida, esto es debido a que cuando el taxi recoge

al pasajero en el casco central, el taxi trata de salir del problema de tráfico tomando rutas menos congestionadas.

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

3.3.3. Factores que afectan a la capacidad en las calles urbanas.

Intersecciones a nivel.-

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

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

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

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

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

Circulación en sentido único o doble sentido.- A simple vista parecería que el ancho de un acceso a una calle de sentido único debería tener la misma capacidad que otro situado en una calle de doble sentido; sin embargo, en el primer caso hay una serie de ventajas

que se reflejan no sólo en la capacidad, si no en los volúmenes. Así por ejemplo, en una calle de un solo sentido se pueden realizar los giros a la izquierda con mayor facilidad debido a la falta de tráfico en el sentido opuesto.

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

Estacionamiento.- La determinación de estacionamiento en las proximidades de una intersección debe tomarse como una medida de control de tráfico, ya que la existencia o no de estacionamiento tiene mucha importancia que merece la pena ocuparse de ello antes de otros factores.

Por otro lado, es sabido que la restricción de estacionamiento siempre produce un aumento significativo en la capacidad, es por eso que siempre que se está estudiando la posibilidad de eliminar o restablecer el estacionamiento deberá considerarse el efecto que producirá en la calle.

La restricción del ancho en un vehículo parado es mucho mayor que el ancho del propio vehículo, porque se necesita espacio para abrir las puertas sin que esto signifique realizar una maniobra para los vehículos que circulan por su lado. Así mismo, cuando se habla de inexistencia de estacionamiento, se entiende lo que materialmente es el acceso a la intersección, lo cual no significa que tenga que estar prohibido el estacionar desde el cruce anterior.

Otros factores.-

Factor de hora pico.- El factor de hora pico es una medida de la uniformidad del tráfico en la hora donde fluctúa el máximo volumen, que viene dado por el cociente del número de vehículos contados en una hora pico entre cuatro veces el número de vehículos contados durante los quince minutos más cargados.

La población.- Es otro de los factores que afecta a la capacidad en una intersección. Esto se definió de acuerdo a estudios realizados en intersecciones de distintas ciudades, de iguales condiciones de trazado y regulación, en donde la intersección ubicada en la

ciudad más importante posee mayor capacidad, esto debido a la mayor experiencia del conductor para maniobrar.

La situación de la intersección.- En el conjunto de una ciudad existen diferentes zonas, la población presenta distintos comportamientos de los conductores, lo cual influye en la capacidad. La clasificación que realizó el *manual de la capacidad* es la siguiente:

Zona intermedia. Es la que se halla continua al centro de una ciudad, en esta zona se realiza una actividad mercantil, de negocios y servicios con uso del suelo residencial de alta densidad. La mayor parte del tráfico no tiene ni su origen ni destino dentro de la zona, que se caracteriza por la presencia de calles de un número moderado de peatones y porque la renovación del estacionamiento es algo más baja que en el centro.

Centros satélites. Son zonas con características similares a las del centro, con la diferencia de que se observa una mezcla de tráfico de paseo con el que tiene su origen o destino dentro de la zona.

Zonas residenciales. Son aquellas en las que predomina el uso del suelo residencial, sus características típicas son las de tener pocos peatones y una renovación del estacionamiento muy baja.

3.3.4. Semaforización.

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones de luces de colores que universalmente son el color verde, el amarillo y el rojo. Su finalidad es la permitir el paso, alternadamente, a corrientes de tránsito que se cruzan permitiendo un flujo ordenado y seguro tanto para conductores como para peatones.

A medida que pasa el tiempo, el incremento vehicular va en asenso provocando congestionamientos y también los accidentes van en aumento. El uso de semáforos ha alcanzado un notable desarrollo; sin embargo, es muy importante que antes de seleccionar y poner a funcionar un semáforo se efectúe un estudio completo de las condiciones de la intersección del tránsito y que cumplan con los requisitos que la experiencia ha fijado, porque si la instalación y operación es correcta estos podrán

aportar diversas ventajas, en cambio si uno o más semáforos son deficientes sólo entorpecerían al tráfico tanto de vehículos como de peatones.

También es importante que después que el sistema de semáforos empiece a funcionar, se compruebe que este responda a las necesidades de tráfico y en todo caso hacer los ajustes pertinentes, entre las ventajas que tiene un semáforo o un sistema de semáforos tenemos las siguientes:

- Ordena la circulación del tránsito, y optimiza la capacidad de las calles.
- Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- Permite interrumpir periódicamente los volúmenes de tráfico para permitir el paso tanto de vehículos como de peatones en las calles transversales.
- Representan un sistema de ordenamiento más económico por su habilidad para el control de tráfico que otras formas de control como ser señales o policías de tránsito.

Pero como es de esperar también, presenta desventajas que las citamos a continuación:

- Causan demoras injustificadas en ciertos usuarios, especialmente cuando se trata de volúmenes pequeños, al causar retardos por la excesiva duración de los tiempos de ciclo.
- Producen reacciones desfavorables en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o hacia las autoridades.
- Aumentan la frecuencia de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente especialmente cuando se tiene focos fundidos o interrupciones del fluido eléctrico.

a).- Elementos de un semáforo: Los elementos de que consta un semáforo son:

Cabeza: Es la parte principal de un semáforo donde se ubican los lentes que dan las instrucciones a los usuarios de las calles, la cual consta generalmente de una cara que es un juego de lentes orientados hacia un solo sentido.

Los lentes de los semáforos, son de forma circular de diámetro de 8 pulgadas (203 mm.) y 12 (305 mm.) pulgadas, detrás de los cuales hay lámparas o focos de 40 a 100 vatios,

con reflectores para dirigir la luz hacia la dirección deseada con la ayuda de reflectores, el significado tanto de colores como de señales es la siguiente:

Tabla 7. Significado de las luces del semáforo.

Lente	Significado de su indicación
Rojo	Parar
Amarillo	Precaución
Verde	Seguir
Flecha hacia la izquierda	Girar a la izquierda
Flecha hacia la derecha	Girar a la derecha

Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito Guido Radelat E. (1964)

Los tres primeros lentes son los que se consideran como comunes o imprescindibles en un semáforo. A continuación ampliamos los significados de los colores:

Luz verde. Indica que los vehículos que se encuentran de frente a ella pueden continuar su movimiento en línea recta o girar hacia la derecha o izquierda a no ser que se que se prohíban estas maniobras. Los peatones que se encuentren frente a la luz verde, pueden avanzar hacia ella, atravesando una calle y los vehículos que giren deben cederle el paso, a no ser que existan señales para peatones.

Luz amarilla. Es la que indica precaución y anuncia a los conductores que se encenderá a continuación la luz roja que es de parada, ningún vehículo debe cruzar la calle frente a una luz amarilla a no ser que esta se encienda en el momento que el vehículo esté cruzando la intersección ahí puede proseguir y atravesarla. A los peatones, la luz amarilla les indica que no tienen tiempo suficiente para cruzar la calle, y si lo hacen deben ceder el paso a los vehículos.

Luz roja. Significa que todos los vehículos que estén en frente deben detenerse y permanecer así hasta que se encienda la luz verde, una regla similar se aplica para los peatones.

Regulador. Es el mecanismo eléctrico que sirve para accionar los cambios de luces del semáforo, que consta de un mecanismo cronométrico con todos los mecanismos dispuestos en una caja de mando.

Detectores. Son dispositivos que tienen ciertos semáforos, mediante los cuales se pueda registrar el paso de vehículos o peatones y transmitir esta información al regulador.

Clasificación de los semáforos.

De acuerdo a su función pueden ser los siguientes:

Semáforos de periodos establecidos. Son aquellos que dirigen los movimientos de acuerdo a ciclos e intervalos de tiempos establecidos previamente, pero no se pueden ajustar a variaciones de corta duración en las corrientes vehiculares.

Se llama ciclo al tiempo total requerido para una sucesión completa de los intervalos de los semáforos, es decir el tiempo que ocupa el semáforo en pasar de la fase roja a la amarilla, de la amarilla a la verde, de la verde a la amarilla y de la amarilla a la roja nuevamente.

Este tipo de semáforos son los que más son utilizados en calles urbanas por su sencillez y por su facilidad para su coordinación en grupos, y por medio de equipos adicionales pueden adaptarse cambios importantes de la circulación vehicular.

Para evitar demoras innecesarias en los vehículos en las intersecciones, los intervalos de los semáforos deben establecerse de manera que la duración de las fases esté de acuerdo con las demandas de tráfico, al mismo tiempo los ciclos deben ser lo más cortos posible, para dar tiempo suficiente a los peatones para cruzar las calles.

Entre las ventajas que poseen los semáforos de tiempo predeterminado tenemos:

- Facilitan la coordinación con semáforos adyacentes, con más precisión que en el caso de semáforos accionados por el tráfico.
- No dependen de los detectores por lo que no se afectan desfavorablemente cuando se impide la circulación normal de vehículos por los detectores.
- En general, el costo del equipo es menor que el equipo accionado por el tráfico y su conservación es más sencilla.

Semáforos accionados por el tránsito. La característica principal de los semáforos accionados por el tráfico es que la duración de los tiempos de ciclo responden a las variaciones en la demanda de tráfico vehicular, esta demanda es detectado por aparatos detectores conectados al control del semáforo, la duración del ciclo se ajusta continuamente en la duración del ciclo y en la división interna del mismo para satisfacer la demanda. Si los detectores son usados solamente en algunos de los accesos de la intersección se los denomina semi accionados, si son utilizados en todos los accesos se los denomina totalmente accionados.

Existe un tercer tipo de control cuando las indicaciones de controles locales de cierta zona varían de acuerdo con la información recibida sobre fluctuaciones del tráfico, suministrada a un control maestro por detectores colocados en puntos clave.

Las ventajas de los semáforos accionados por el tráfico son:

- La disposición de los intervalos se adapta mejor a las fluctuaciones de los volúmenes de tráfico que se dirigen a la intersección y de esta manera se reducen las demoras innecesarias.
- Se aumenta la capacidad en las intersecciones reguladas por semáforos de más de dos fases porque los intervalos verdes se asignan de acuerdo con los volúmenes de tráfico que llegan, si no hay demanda para una fase esa fase se omite y se emplea mayor tiempo de intervalos verde en otras fases.
- Hacen posible la regulación de la circulación con semáforos en intersecciones de escasos volúmenes de tráfico donde los semáforos de tiempo predeterminado crearían demoras.

La instalación de semáforos en vías preferenciales supone una disminución de la prioridad de paso, ya que esta queda limitada a unos ciertos intervalos de tiempo; por esta razón, las instalaciones de semáforos no deben efectuarse a no ser que contribuyan a mejorar la fluidez y la seguridad tanto de conductores como de peatones.

3.3.5. Estacionamiento.

Debido a que al final de un recorrido el conductor necesita disponer de un espacio para detenerse por cualquier motivo o circunstancia, es que el estacionamiento es una necesidad inevitable del tráfico de vehículos, de lo que se trata es de poder dejar el vehículo dentro de la calle o fuera de ella sin causar molestias a los otros vehículos que circulan por las calles. En zonas rurales el problema de estacionamiento no presenta dificultades pero en ciudades densamente pobladas el poder acceder a un espacio para el estacionamiento de un vehículo se torna a veces en un serio problema.

Estacionamiento. Se define como el acto mediante el cual el conductor deja un vehículo parado en cierto lugar y se aleja de él.

Detención o parada corta. Es cuando el vehículo interrumpe su recorrido con el motor encendido y el conductor en el volante.

Detención o parada larga. Es una detención de mayor duración porque el conductor apaga el motor pero no se aleja del volante para poderlo poner en marcha en cualquier momento.

Existen dos modalidades de estacionamiento: en calle pública y en inmuebles, los cuales se dividen en cuatro tipos de estacionamiento que absorben las necesidades de los conductores, las mismas son:

- **Estacionamiento libre en calle pública.** Es la forma ideal para aquellos que acceden a una plaza libre; sin embargo, en zonas de mayor demanda es el sistema menos adecuado puesto que no hay una distribución de los espacios disponibles dando prioridad a aquellos que más lo necesiten. En el casco central de la ciudad de Tarija, el estacionamiento libre en la calle es un problema, que afecta a la capacidad y la transitabilidad de los vehículos, esto es debido a la

infraestructura que posee el casco central, ya que sus calles son pequeñas y diseñadas para otro tipo de automóviles. Los automóviles modernos son más anchos ocupando un mayor espacio en el estacionamiento libre en la calle del casco central.

- **Estacionamiento controlado en calle pública.** Este comprende desde la prohibición de la detención para carga o descarga de personas hasta una ordenanza en una determinada zona a cerca de cuáles vehículos pueden estacionar durante qué tiempo y cuál es el costo de estacionamiento.
- **Estacionamiento público en inmuebles.** Estos pueden ser públicos o privados que no son tan cómodos, pero constituyen una solución muy acertada cuando están correctamente proyectados y bien situados.
- **Estacionamientos privados o garajes en inmuebles.** Prestan servicios a determinados usuarios, sirven para estancias de larga duración y son los más adecuados para zonas residenciales. De acuerdo a las normas establecidas en desarrollo urbano de la ciudad de Tarija debería existir un área de estacionamiento cada tres viviendas y uno cada 100 m² construidos de otros usos.

a).- Oferta y demanda.- Se conoce como demanda de estacionamiento a la necesidad de espacios para estacionar en un área determinada, se puede expresar en espacios individuales para estacionar; pero la demanda de estacionamiento varía con el tiempo. Es preciso indicar la hora en que se manifiesta esa demanda.

Por otro lado, la oferta de estacionamiento, es la cantidad de espacios libres disponibles para el estacionamiento en una área determinada, también se la expresa de acuerdo a la hora en que se ofertan determinados espacios, debido a que pueden existir restricciones de estacionamiento en diferentes horas y lugares.

Existen varias formas de realizar un estudio de demanda de estacionamiento, una de las usuales es relacionar la demanda con el uso del suelo, debido a que la vivienda, el comercio, y los espectáculos crean necesidades de estacionamiento que se pueden conocer tanto en condiciones actuales como en el futuro.

Otra forma de orientar el estudio de demanda consiste en determinar del porcentaje del tráfico, que llegando a una determinada zona, estaciona en ella; las encuestas de transporte orientadas a determinar los viajes que generan o atraen los diversos usos de suelo y para distintos objetos del viaje, permiten obtener correlaciones entre número de viajes y demanda de estacionamiento en función a estos parámetros.

Una tercera forma de analizar la demanda es por medio de aforos y encuestas que se basan en el análisis de la situación actual. Este método es el de mayor difusión porque se consiguen los resultados más óptimos; es por esto que a continuación describiremos este método para realizar el estudio de oferta y demanda:

De acuerdo a este tipo de estudio se puede dividir el procedimiento en inventarios y encuestas.

Inventarios. El análisis del estacionamiento en una zona requiere primeramente conocer la oferta o el número de espacios disponibles, para ello se debe realizar un inventario de todas las zonas, distinguiendo dos tipos de estacionamientos: El situado en la calle y el situado fuera de la calle.

Los parámetros que deben conocerse son:

- Medidas de la zona en que se permite o se prohíbe el estacionarse.
- La forma en que se realiza el estacionamiento (en paralelo, en ángulo o perpendicular a la acera).
- Si existen limitaciones del tiempo del estacionamiento.
- Longitudes reservadas a los establecimientos públicos, paradas, etc.

En el caso de estacionamiento fuera de la calle, debe conocerse el número de espacios que oferta y el tipo de estacionamiento, que puede ser privado o público.

Luego se realiza la determinación del uso que se le da a las zonas ofertadas de estacionamiento, la determinación del uso de estacionamiento se lo realiza mediante el recuento de los vehículos estacionados, además como es de importancia el tiempo en que está estacionado se realizan recuentos generalmente de cada cuarto de hora.

Encuestas. Debido a que existen factores de estacionamiento que sólo pueden conocerse a través de los usuarios, tales como el origen y destino del viaje, el objeto de su viaje; se implementan las encuestas, las cuales pueden realizarse mediante cuestionarios que se entrega al conductor al salir de su vehículo o por medio de una entrevista directa, además del tipo de vehículo, su placa, y la hora que llega y se marcha se pueden conocer otros datos como su origen y destino, que nos indican desde qué puntos y en qué porcentajes los vehículos de una población van hacia la zona de estudio.

3.4. METODOLOGIA

Medidas de rendimiento

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

- Recopilación de los datos.
- Análisis de los datos.
- Proposición correcta y detallada de soluciones.
- Estudio de los resultados obtenidos.

Como primer paso se hace indispensable reunir toda información necesaria. En esta recopilación de datos son precisamente los aforos, las estadísticas, los informes oficiales, los hechos veraces, los que necesitamos. No es útil conocer la opinión del amigo o del comerciante de la esquina; se requieren datos estadísticos obtenidos oficialmente, en la ubicación de la zona de estudio, de fuentes de información dignas de crédito.

Segundo, para el análisis de estos datos se necesita una mente entrenada que pueda dar una interpretación real a los mismos. De estos análisis se desprende una parte muy importante de la solución y solo un especialista en la materia deberá llevarlo a cabo dando soluciones acorde a la situación.

Después del análisis, el encargado de resolver el problema deberá presentar un proyecto de solución, cubriendo los tres elementos básicos. Deberá incluir el aspecto físico, adaptando a las características del vehículo y del usuario; deberá incluir las modalidades

necesarias en cuanto a educación de tráfico tanto el conductor como el peatón, así como las reformas y sistemas legislativos y policíacos, que permitan impartir la solución.

Finalmente, es conveniente observar, durante cierto periodo posterior, el resultado que tuvo la solución aplicada. Este resultado se observara directamente a través de las estadísticas levantadas en cuanto a la eficiencia del movimiento vehicular y de peatones así como en cuanto a la disminución o aumento de accidentes. Es posible que muchas soluciones requieran una revisión y perfeccionamiento, por lo que este último paso es de gran importancia.

3.5. NIVEL DE SERVICIO.

El HCM 2,000 establece seis niveles de servicio LOS (por sus siglas en inglés, *level of service*), identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, donde al nivel de servicio A se logra un flujo vehicular totalmente libre, mientras que al nivel F se alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la calle, es decir provoca congestionamiento.

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

El diseñador debe escoger, entre dichos extremos, el nivel de servicio que mejor se adecue a la realidad del proyecto a desarrollar. Como criterio de análisis, se expresa que el flujo vehicular de servicio para diseño debe ser mayor que el flujo de tráfico durante el período de 15, 20, 30 minutos de mayor demanda durante la hora de diseño.

3.5.1. Concepto del nivel de servicio.

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio (del A al F), se describen de la siguiente manera:

- A Representa una circulación a flujo libre, los usuarios considerados en forma individual, están virtualmente exentos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una gran libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tráfico, su velocidad de operación es 90 km/hr o más.

La demora de los conductores no es mayor al 35% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 490 veh/hr.

Figura 1. Nivel de servicio A.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

- B Está dentro del rango de flujo estable aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes en la circulación, es decir que el volumen va creciendo a comparación del nivel de servicio A.

La libertad de selección de las velocidades sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobras en relación con la del nivel de servicio de nivel A.

El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno, su velocidad reduce a los 80 km/hr.

La demora de los conductores no es mayor al 50% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 780 veh/hr.

Figura 2. Nivel de servicio B.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

- C Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios, a partir de este punto el usuario ya tiene que tomar decisiones que afectan a todos los que hacen uso de las calles del casco central.

La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. En el casco central la influencia del transporte público está relacionada directamente con la velocidad, ya que este

medio de transporte es que en gran manera hace uso de las calles del casco central de la ciudad de Tarija.

El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente, su velocidad es 70 Km./hr.

La demora de los conductores alcanza el 65% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,190 veh/hr.

Figura 3. Nivel de servicio C.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

D Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable.

La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.

Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, la velocidad se mantiene alrededor de los 60 Km./hr.

La demora de los conductores es cercana al 80% del total del tiempo de viaje y la razón de flujo total para ambas direcciones es de 1,830 veh/hr.

Figura 4. Nivel de servicio D.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

- E El funcionamiento está en él, o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a ceder el paso. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tráfico producen colapsos, la velocidad cae hasta 40 Km./hr. La demora de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje. 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).

Figura 5. Nivel de servicio E.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

F Representa condiciones de flujo forzado.

Esta situación se produce cuando la cantidad de tráfico que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él.

En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranque, extremadamente inestables, esto debido al transporte mediano público.

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. Asimismo el nivel de accidentes se incrementa por la gran cantidad de Transporte concentrado en un solo punto.

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 6. Nivel de servicio F.



Fuente: Servicio Nacional de Caminos (S.N.C.).

CAPITULO IV

APLICACION PRACTICA SOBRE LA INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE TRANSPORTE PUBLICO EN LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE TARIJA

4.1. UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El presente estudio se localiza en el casco central de la ciudad de Tarija que comprende de la calle Juan Misael Saracho hasta la calle Méndez, de la calle Cochabamba hasta la avenida Víctor Paz Estensoro.

Figura 7. Ubicación de la zona de estudio.



Elaboración propia.

4.2 PROCESO DE ESTUDIO

4.2.1. Caracterización de la zona de estudio.

Los puntos que son objeto de nuestro estudio se encuentran ubicados en el casco central de la ciudad de Tarija. Los puntos de estudio están comprendidos en su mayoría de calles de doble carril, con excepción de la calle Sucre que solo consta de un carril. La calle Domingo Paz consta de dos calles de doble carril cada una.

En su mayoría las intersecciones que están dentro de nuestra zona de estudio cuentan con semáforos, pero tres intersecciones que son puntos de este estudio no cuentan con semáforos, estas intersecciones son: Corrado – Daniel Campos, Domingo Paz – Juan Misael Saracho, Suipacha – Corrado.

Figura 8. Corrado Daniel – Campos.



Elaboración propia.

Figura 9. Domingo Paz – Juan Misael Saracho.



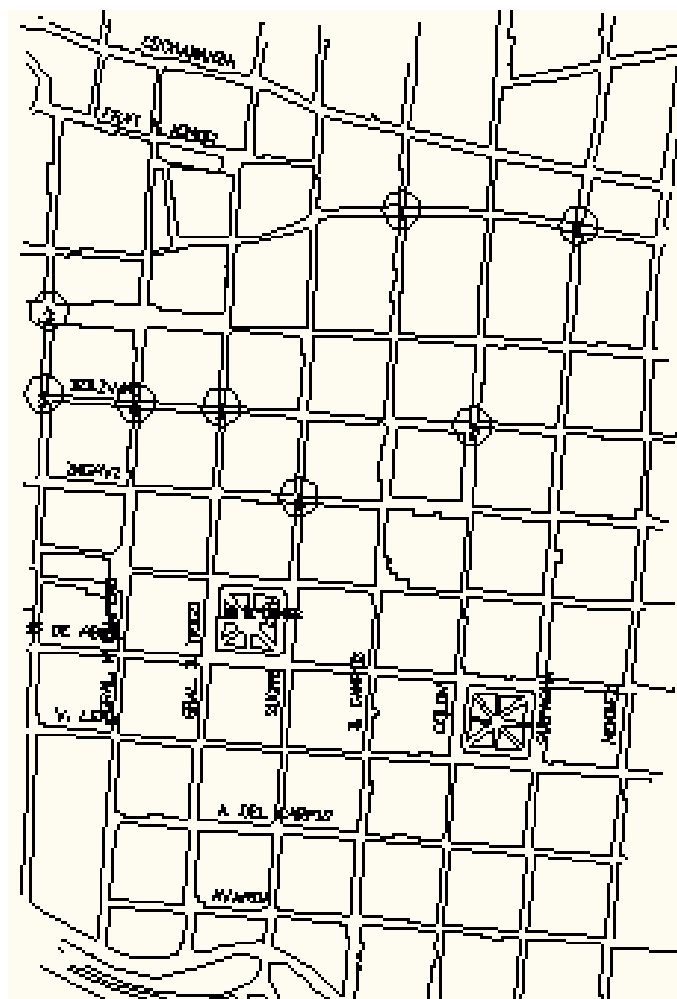
Elaboración propia.

Figura 10. Suipacha – Corrado.



Elaboración propia.

Figura 12. Ubicación de los puntos de estudio en el casco central.



Elaboración propia.

Los puntos obtenidos para el presente estudio son los siguientes:

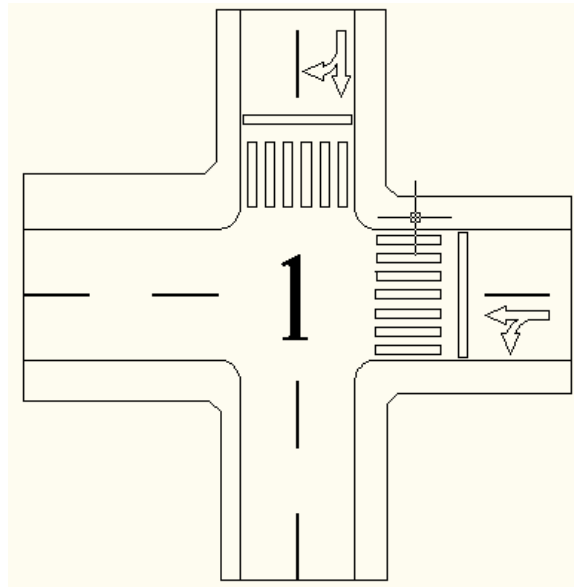
- Intersección 1: Corrado Daniel – Campos.
- Intersección 2: Domingo Paz – Juan Misael Saracho.
- Intersección 3: Bolívar – General Trigo.
- Intersección 4: Ingavi – Sucre.
- Intersección 5: Juan Misael Saracho – Bolívar.
- Intersección 6: General Narcizo Campero – Bolívar.
- Intersección 7: Colón – Bolívar.
- Intersección 8: Suipacha – Corrado.

Intersección 1: Corrado – Daniel Campos. Analizando la calle Corrado.

Esta intersección tiene las siguientes características: No consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Corrado son: Ch, F, 1, G, Z, 3, C, E.

Figura 13. Intersección 1. Corrado – Daniel Campos.



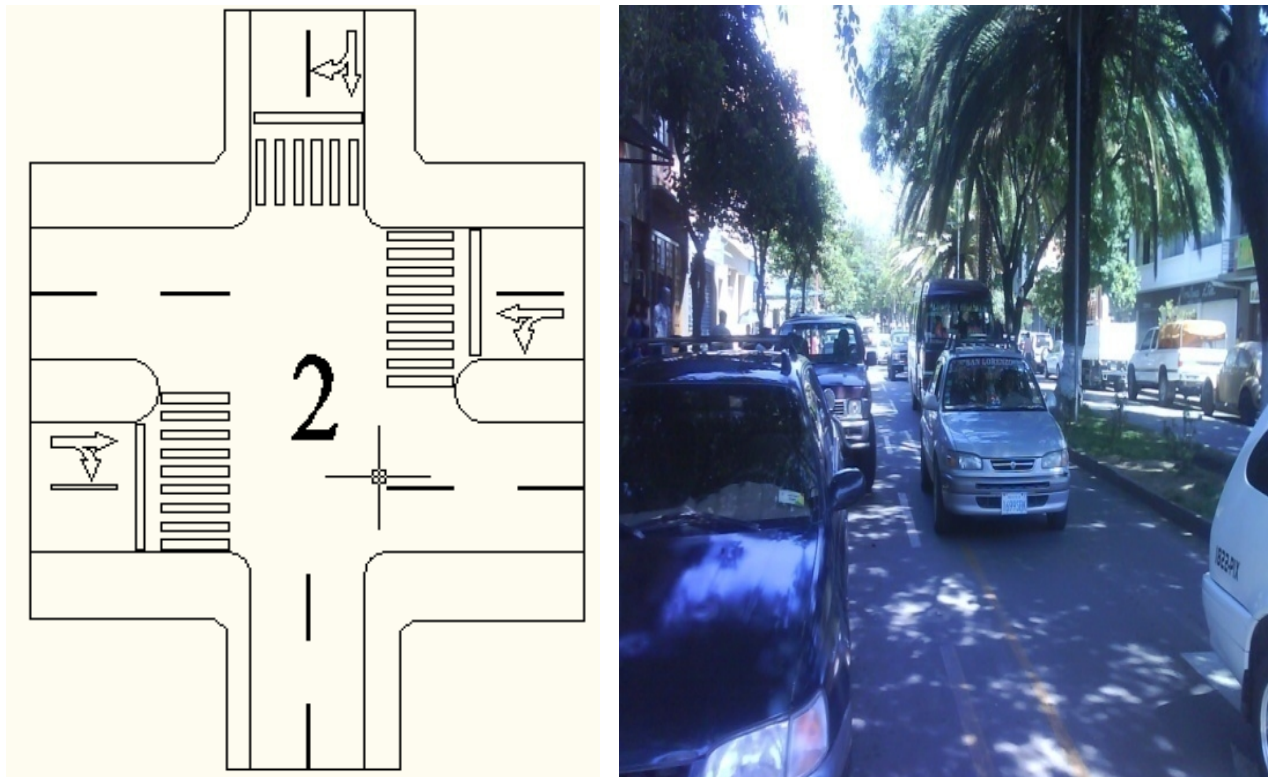
Elaboración propia.

Intersección 2: Domingo Paz – Juan Misael Saracho. Analizando la calle Domingo Paz.

Esta intersección tiene las siguientes características: No consta de semáforo, tiene señalización horizontal, las líneas de flujo son de doble sentido en la calle Domingo Paz, ambas calles tienen dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Domingo Paz son: 9-Y, C ida, Z, 2, C vuelta, F, U, S, 4, W, A, W, 7, E, B, U, dos de estas líneas giran en la esquina con la alimentación de catorce líneas son dieciséis que actúa en la intersección.

Figura 14. Intersección 2. Domingo Paz – Juan Misael Saracho.



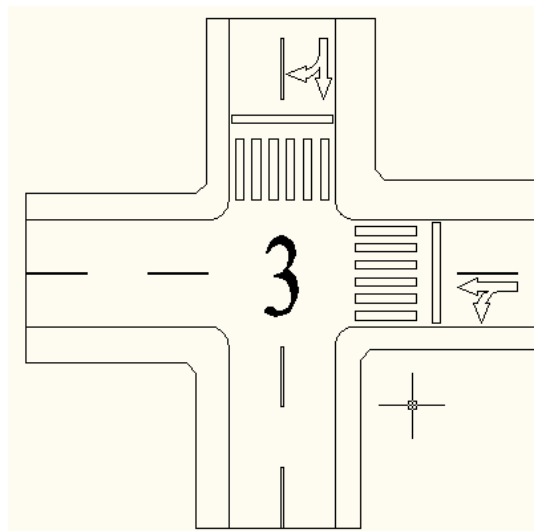
Elaboración propia.

Intersección 3: Bolívar – General Trigo. Analizando la calle Bolívar.

Esta intersección tiene las siguientes características: Consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Bolívar son: D, 4, 5, T, 6, A, San Jacinto, 9-Y, 11, B, 7, 10, W.

Figura 15. Intersección 3. Bolívar – General Trigo.



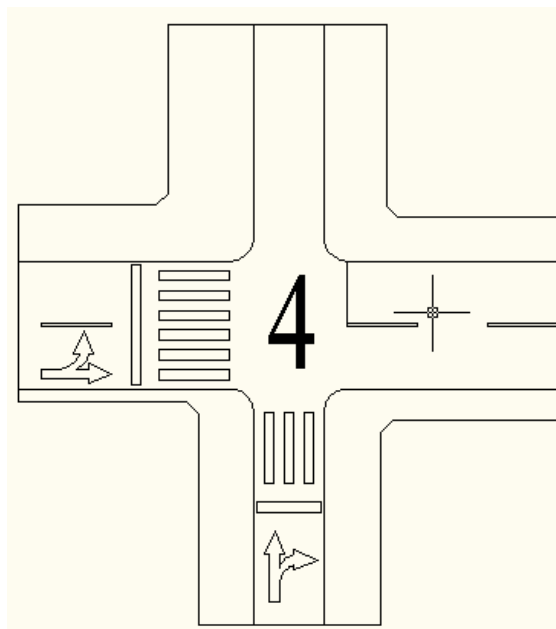
Elaboración propia.

Intersección 4: Ingavi – Sucre. Analizando la calle Ingavi.

Esta intersección tiene las siguientes características: Consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, la calle Sucre tiene un carril y la calle Ingavi tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Ingavi son: 11, W, San Jacinto, C, 6, 2, 10, T, S, 7, 5.

Figura16. Intersección 4. Ingavi – Sucre.



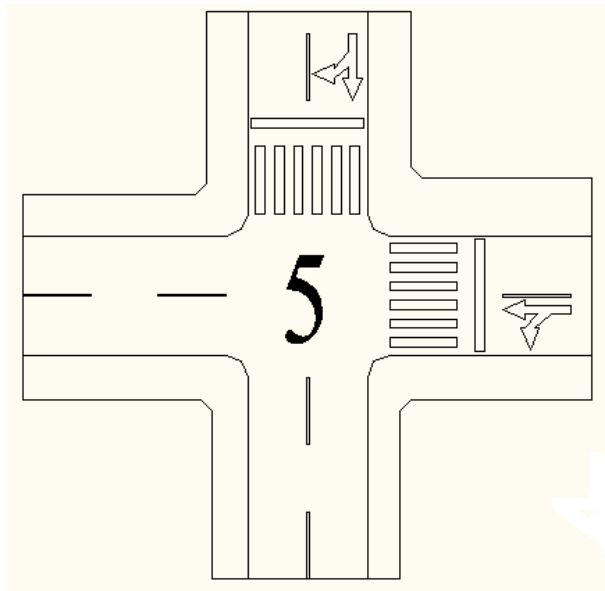
Elaboración propia.

Intersección 5: Juan Misael Saracho – Bolívar. Analizando la calle Juan Misael Saracho.

Esta intersección tiene las siguientes características: Consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Juan Misael Saracho son: 6, U, S, 2, T, 10, Ch, W, 11.

Figura17. Intersección 5. Juan Misael Saracho – Bolívar.



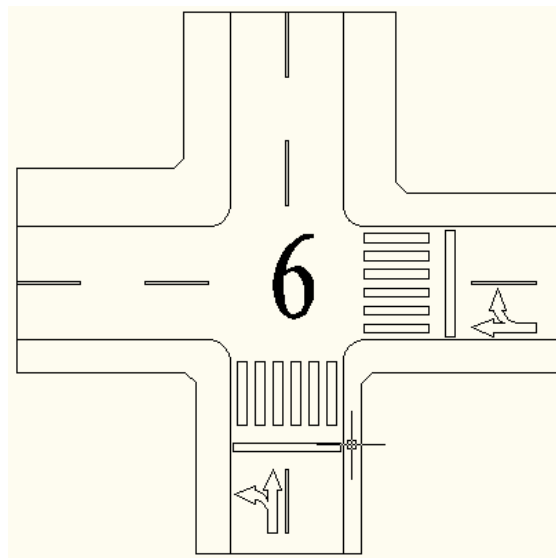
Elaboración propia.

Intersección 6: General Narcizo Campero – Bolívar. Analizando la calle General Narcizo Campero.

Esta intersección tiene las siguientes características: Consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle General Narcizo Campero son: 5, 4, D, 6, T, A, San Jacinto, 9-Y, 11, B, 10, W, 7.

Figura18. Intersección 6. General Narcizo Campero – Bolívar.



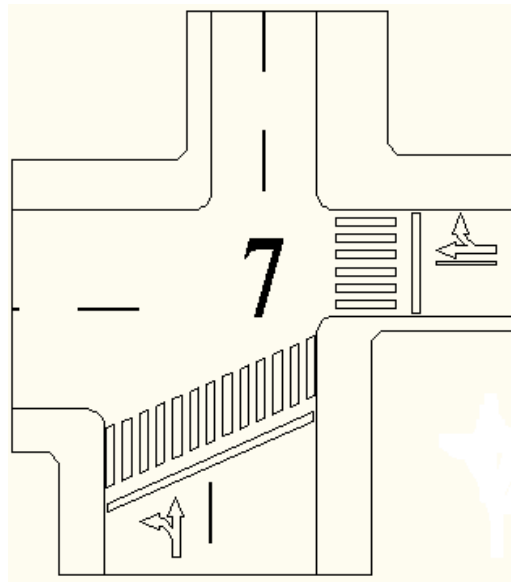
Elaboración propia.

Intersección 7: Colón – Bolívar. Analizando la calle Colón.

Esta intersección tiene las siguientes características: Consta de señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Colón son: 7, San Jacinto, A, W, 10, 1, Z, C, 11, 5, T.

Figura 19. Intersección 7. Colón – Bolívar.



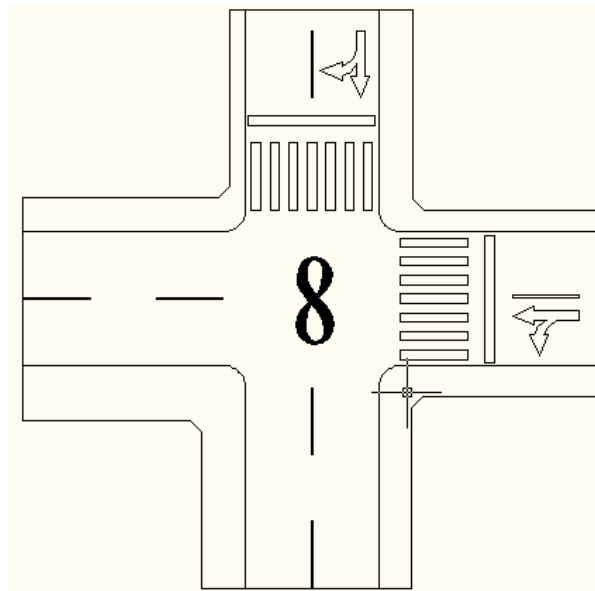
Elaboración propia.

Intersección 8: Suipacha – Corrado. Analizando la calle Suipacha.

Esta intersección tiene las siguientes características: no consta con señalización vertical y horizontal, las líneas de flujo solo tiene un sentido, ambas calles tiene dos carriles.

Las líneas del transporte público mediano que circula por la calle Suipacha son: C, 11, 10, D, 8, 3, G.

Figura 20. Intersección 8. Suipacha – Corrado.



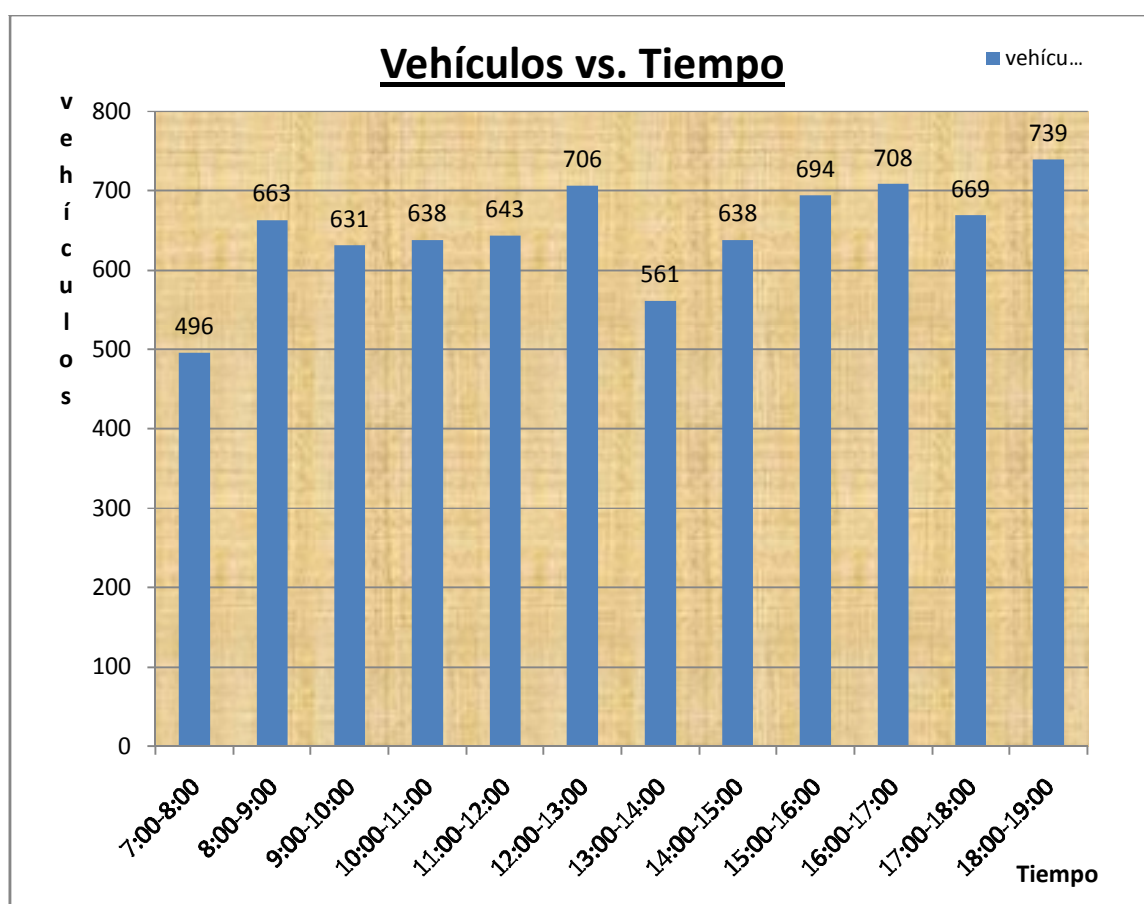
Elaboración propia.

4.2.3. Determinación de las horas picos.

Se eligió la intersección Colón – Bolívar para realizar el aforo de un día completo y así poder identificar las horas picos. Los resultados dieron las horas siguientes:

- 7:30 – 8:30.
- 12:00 – 13:00.
- 18:00 – 19:00.

Figura 21. Aforo de un día completo.



Elaboración propia.

Dichas horas picos son bien justificadas por las diferentes actividades que se llegan a realizar en el central de la ciudad de Tarija. La hora pico de 7:30 a 8:30 es justificada, porque durante la recopilación de datos, las unidades educativas entraban más temprano y el tráfico vehicular fue en constante crecimiento por la entrada de las demás

instituciones a sus respectivos trabajos. La hora pico de 12:00 a 13:00 es debidamente justificada, por las salidas del personal y estudiantes de todas las instituciones. La hora pico de 18:00a 19:00 es justificada, por las salidas del personal y estudiantes de todas las instituciones que están en el casco central.

4.2.4. Proceso de obtención de datos de volúmenes en los puntos de estudio.

El proceso de obtención de datos, es una de las fases más importantes en la determinación de la capacidad y el nivel de servicio. Los datos obtenidos fueron: volúmenes y tiempos en una distancia determinada, en los distintos puntos de la zona de estudio. Con estos se procede a los cálculos para determinar su capacidad y nivel de servicio de las calles que se encuentran en el casco central de la ciudad de Tarija

Ya determinado las horas picos, recopilé los volúmenes de un día en esas tres horas picos discontinuas (de 7:30 a 8:30, de 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00), esta recolección de información se hizo con un intervalo de quince minutos durante una hora, en los ocho puntos de estudio simultáneamente. Para obtener los volúmenes de una semana aforé tres días de la semana, estos días son: Martes, Jueves y Sábado. Para obtener el aforo de un mes, realicé los aforos durante cuatro semanas.

Estos volúmenes representan los volúmenes de transporte público y privado en el tiempo de una hora, los datos aforados nos dan una idea clara del problema que tiene el casco central.

El método de aforo a emplear para la recopilación de datos para este estudio es el método manual, para este método utilicé: planillas de aforo, cámara fotográfica y filmadora. En las planillas de aforo registré: nombre de la intersección, la fecha y la hora, volúmenes, tipo de vehículo y giros.

La ventaja en la realización de los aforos manuales estuvo en que se pudo establecer una mejor información, es decir que además del número de vehículos se puede obtener información sobre el tipo de vehículos, características, sentido de circulación y otros.

La desventaja de utilizar este método estuvo en la cantidad de personas que se requiere para realizar un buen trabajo y la garantía de que se realice una medición a la perfección.

Los aforos vehiculares siguió la siguiente clasificación que normalmente se usa:

- Vehículos livianos.
- Vehículos medianos.
- Vehículos pesados.

4.2.5. Aforo de velocidades horarias.

La importancia de la velocidad para el análisis completo de las calles como elemento básico es muy importante, ya que dará una idea más clara de los problemas que aquejan al casco central de la ciudad de Tarija.

Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en cuanto a la ingeniería de tráfico, es que la velocidad de los vehículos de hoy en día son muy lentos en las calles del casco central, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos, es por esta razón y con fines de determinar el nivel de servicio que se realiza el estudio de velocidad.

Para obtener los datos de velocidades en la zona de estudio se procedió de la siguiente manera: Primero se midió la distancia de un punto a otro, luego controle el tiempo que tarda ese vehículo de pasar en esa distancia determinada. Tome las velocidades en los ocho puntos de estudio simultáneamente

Para la recopilación de los tiempos lo hice en las tres horas picos para un día completo, tres veces a la semana para una semana completa, durante cuatro semanas para un mes completo.

Los datos de tiempo empezaron a mostrar una idea de lo que lo sucede en los puntos de estudio, ya que estos tiempos fluctuaban en un rango, y como la velocidad es inversamente proporcional al tiempo afecta directamente a la velocidad, ya que la distancia es un dato constante.

4.2.6. Análisis de la relación del transporte mediando con el transporte liviano.

Para tener más claramente los fenómenos que ocurren en el casco central de nuestra ciudad, se realizó una relación de los porcentajes de transporte liviano, mediano y

público, excluyendo al transporte pesado debido a que este no circula por el casco central de la ciudad de Tarija.

El porcentaje de vehículos pesados es 0% debido a que no entran al casco central las flotas, camiones, etc... Esto es debido a que el pavimento no está diseñado para ese peso, ya que si ingresaría afectaría al pavimento provocando fisuras, deformaciones, etc., así también provocaría un mayor congestionamiento y accidentes.

A continuación se da los resultados obtenidos de los porcentajes del transporte liviano público y del transporte mediano público en el casco central de la ciudad de Tarija:

Tabla 8. Media de vehículos livianos públicos de punto.

	Nº	Media de vehículos livianos público
Punto	1	40,39%
Punto	1	41,60%
Punto	2	28,61%
Punto	2	28,88%
Punto	3	33,16%
Punto	3	40,24%
Punto	4	33,21%
Punto	4	52,23%
Punto	5	38,41%
Punto	5	36,03%
Punto	6	37,19%
Punto	6	31,99%
Punto	7	38,86%
Punto	7	39,36%
Punto	8	47,34%
Punto	8	43,58%

Media de vehículos livianos público	38,19%
-------------------------------------	--------

Elaboración propia.

Tabla 9. Media de vehículos medianos público de punto.

	Nº	Media de vehículos medianos público
Punto	1	21,30%
Punto	1	12,82%
Punto	2	34,36%
Punto	2	29,19%
Punto	3	36,64%
Punto	3	14,34%
Punto	4	23,61%
Punto	4	0,62%
Punto	5	22,49%
Punto	5	22,94%
Punto	6	17,42%
Punto	6	38,38%
Punto	7	23,27%
Punto	7	25,75%
Punto	8	11,39%
Punto	8	18,44%

Media de vehículos medianos público	22,06%
-------------------------------------	--------

Elaboración propia

El porcentaje de transporte livianos públicos es de 38,19%, esto quiere decir que el 38,19% del transporte público liviano circula por el casco central. El porcentaje del transporte medianos público es de 22,06%, esto quiere decir que el 22,06% del transporte público mediano circula por el casco central de la ciudad de Tarija. Se determinó también que la influencia del transporte público en el casco central de la ciudad de Tarija es del 60,25%, esto nos da una relación del uso que lo da el transporte público al casco central, así también el 39,75% es el uso que hace el transporte privado al casco central. El porcentaje de giro es considerable debido a que se provoca congestionamiento en horas picos, es por eso que el conductor del transporte privado toma decisiones para esquivar el

congestionamiento. Dichos congestionamientos es generado por el trasporte mediano público afectando así a todo el medio de trasporte y a las zonas de parqueos.

Tabla 10. Influencia del transporte público en el casco central de la ciudad de Tarija.

Media del casco viejo	Influencia de los transporte público
Media de vehículos livianos público de punto.	38,19 %
Media de vehículos mediano público de punto.	22,06 %
Influencia del transporte público en el casco viejo de Tarija.	60,25 %

Elaboración propia.

La influencia del transporte público es de 60,25 %, por ende el transporte privado tendrá la influencia de 39,75 %. Se puede llegar a denotar que hay mayor demanda de transporte público en el casco central.

También se puede llegar a notar que la que la influencia de los vehículos livianos público excede en gran manera a los vehículos medianos públicos.

En este punto también nos demuestra que la influencia del transporte público (60,25%) tiene el mismo porcentaje de afectación en la capacidad y nivel de servicio, es decir que afecta directamente a la capacidad y nivel de servicio en un 60,25% de transporte público. Es decir la influencia que tiene el volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio es del 60,25%

4.2.7. Comparación de la capacidad y nivel de servicio de los datos históricos con los actuales.

Como se denota en las presentes tablas se puede ver que el problema de tráfico es un problema de muchos años atrás, dando soluciones alternativas, pero dichas soluciones son momentáneas o se genera otros problemas

En esta tabla el nivel de servicio es F “flujo forzado”, esta tabla fue proporcionada por la Honorable Alcaldía Municipal.

Tabla 11. Volumen, capacidad y nivel de servicio de la calle Colón, desde la calle Ingavi hasta la calle Cochabamba. Gestión 2004.

INTERSECCION	Volumen de acceso	Capacidad Veh/Hr	Vol/Cap.	Nivel de servicio
COLON - INGAVI	215,36	210,00	1,03 > 1	F
COLON BOLIVAR	241,27	167,00	1,44 > 1	F
COLON - DOMINGO PAZ	367,23	350,00	1,05 > 1	F
COLON - CORRADO	354,72	165,00	2,15 > 1	F
COLON COCHABAMBA	432,70	225,00	1,92 > 1	F

Fuente: Honorable Alcaldía Municipal de Tarija.

Tabla 12. Volumen, capacidad y nivel de servicio de la calle General Trigo, desde la Corrado hasta la Ingavi. Gestión 2008.

	GRAL TRGO - CORRADO			N.S.
V=	550	V/C	3,4375	"F"
C=	160			
	GRAL TTRIGO - DOMINGO PAZ			
V=	432	V/C	1,0719603	"F"
C=	403			
	GRAL TRIGO - BOLIVAR			
V=	439	V/C	2,41208791	"F"
C=	182			
	GRAL TRIGO - INGAVI			
V=	450	V/C	2,57142857	"F"
C=	175			

Fuente: Honorable Alcaldía Municipal de Tarija.

Tabla 13. Volumen, capacidad y nivel de servicio del casco central de la ciudad de Tarija en los ocho puntos de estudio. Gestión 2011.

	INTERSECCION	Capacidad	Volumen / Capacidad	N. S.
1	Corrado – Daniel Campos	155	$V / C = 4,052 > 1$	F
2	Domingo Paz – Juan Misael Saracho	424	$V / C = 1,139 > 1$	F
3	Bolívar – General Trigo	198	$V / C = 2,924 > 1$	F
4	Ingavi – Sucre	274	$V / C = 2,453 > 1$	F
5	Juan Misael Saracho – Bolívar	229	$V / C = 2,384 > 1$	F
6	General Narcizo Campero – Bolívar	253	$V / C = 2,138 > 1$	F
7	Colon – Bolívar	254	$V / C = 2,862 > 1$	F
8	Suipacha – Corrado	258	$V / C = 2,802 > 1$	F

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede denotar las tablas proporcionadas por la Honorable Alcaldía Municipal “tabla 11 y 12” el nivel de servicio desde años anteriores siempre se encontró en estado conflictivo, en un nivel de servicio “F”. La tabla 13 es una elaboración propia donde se denota que el nivel de servicio es “F”, llegando a la conclusión que el problema sigue vigente y ascenso en la el casco viejo de la ciudad de Tarija, y el incremento de vehículos debido a la necesidad de transporte va en ascenso, con este estudio se pretende dar mayor capacidad y disminuir el volumen del transporte que accede al casco central de la ciudad de Tarija.

4.3. ANALISIS DE RESULTADOS.

El estudio del análisis sobre la influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija permitió evaluar la capacidad y nivel de servicio ofrecido por el sistema a los usuarios.

El sistema en el casco central tiene elementos externos al flujo de tráfico, tales como señales verticales y horizontales, que producen interrupciones en el mismo, pero no obstante en las intersecciones de las calles Corrado – Daniel Campos, Bolívar –Juan Misael Saracho, Corrado – Suipacha no presenta interrupciones ya que no cuenta con semáforo, es decir que hay la necesidad de una señalización vertical y horizontal.

Con el análisis de la influencia del volumen del transporte público se obtuvo características operativas del flujo circulatorio de los tramos estudiados. Las estimaciones de velocidades de recorrido representan las condiciones medias de nuestro medio, pudiendo las condiciones locales variar ligeramente de los valores determinados. Las velocidades medias de recorrido son basadas en una circulación compuesta por el transporte que circula por el casco central, dichas velocidades se encuentran anexadas en el presente proyecto. La velocidad de punto en la zona de estudio es de 3,37m/s o 12,15 km/h, cuya velocidad es menor a 40 km/h y así solo con la velocidad se puede determinar que está en flujo forzado “F” ya que en estas calles presentan colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de paradas y arranque, extremadamente inestables.

En el casco central de la ciudad de Tarija son de servicio F, esto es debido a que el volumen de acceso es mayor a la capacidad en las distintas calles de la zona de estudio, esto quiere decir que las calles soporta un volumen mayor a lo que debería, generando congestión, arranques momentáneos, etc...

Con los datos históricos obtenidos podemos llegar a denotar que el nivel de servicio siempre ha sido forzado, esto es debido a la demanda del usuario de querer transportarse de un lugar a otro, como así también el reunirse en el casco central por ser un lugar donde el comercio, bufetes, clínicas, colegios, universidades y demás instituciones se localizan en este punto de la ciudad.

El nivel de servicio F de los datos históricos tiene una relación con los datos de este proyecto, ya que el nivel de servicio F no varía con los resultados actuales y esto es debido al incremento vehicular que se va presentando con el pasar del tiempo.

El transporte público tiene una influencia del 60,25% con respecto al transporte que circula por el casco central, el porcentaje de vehículos privados es de 39,75%, esto quiere decir que el transporte público hace un mayor uso del casco central, siendo así el transporte público el principal problema que genera el congestión en el casco central.

La influencia de volumen es el 60,25% del transporte público en la capacidad y nivel de servicio, esto quiere decir que el 60,25% que corresponde al transporte público hace uso de las calles del casco central y esto afecta directamente en su capacidad y nivel de servicio.

Con el pasar del tiempo se dieron varias soluciones, quitando o poniendo señales verticales y horizontales, se probó con todo pero el problema sigue o se va a otro lado, debido a estos motivos nace la necesidad de este estudio para dar diferentes soluciones y optar por la más conveniente para nuestro medio. Este estudio presenta la influencia del volumen del transporte público como una de los principales problemas existente en el casco central.

4.3.1. Valoración de los resultados y validación de aplicación en las calles de estudio.

La capacidad en condiciones básicas se estima basándose en los volúmenes más altos observados en calles consideradas básicas en su clase y eligiendo no el más elevado de todos, sino uno que parezca razonable según el criterio de profesionales expertos, por lo que con este trabajo se consideró datos de nuestro medio, obteniendo así valores reales y válidos a tomar como parámetros locales. Este documento contiene una serie de procedimientos basados en el Manual de Capacidad el cual fueron calibrados con datos empíricos tomados en Estados Unidos y Canadá por eso es que debido a su naturaleza empírica la aplicación fuera del ámbito de origen resulta imprecisa si no se calibra a nuestro medio.

4.3.2. Alternativas planteadas para el casco central de la ciudad de Tarija.

En este apartado, se presenta a consideración dos alternativas para descongestionar el casco central de nuestra ciudad de Tarija, aminorando el volumen del tráfico vehicular, de tal manera que el volumen estará por debajo de su capacidad de las calles y se convertirá de un nivel de servicio “F” a otro más bajo, dando de esta manera mayor flujo al transporte y mejorando la calidad de vida de los ciudadanos de los que hace uso del casco central de la ciudad de Tarija.

Alternativa 1. Restringir el acceso.

Esta alternativa consiste de dos partes: Prohibir el estacionamiento y regular la entrada de vehículos a través de señales verticales y horizontales

Prohibir el Estacionamiento.- Las calles de nuestra ciudad, son de dos carriles en su generalidad y pierden el 50% de su capacidad al permitir el estacionamiento y el 100% cuando se detiene un vehículo de transporte público en uno o los dos carriles de la calle para dejar o recoger pasajeros, sin estacionarse adecuadamente, razón por la cual debe prohibirse totalmente el estacionamiento en los carriles de las calles de todo el centro de la ciudad de Tarija.

Sin embargo cabe recalcar que todo el casco central de Tarija se encuentra en estado conflictivo, es por eso que se debe optar por esta medida, restringiendo el estacionamiento total en las calles del casco central. Solo se podrá hacer paradas momentáneas de 5 minutos como máximo, para que de esta manera no quite la capacidad de las calles del casco central.

Dando mayor capacidad a las calles del casco central, la velocidad aumenta en gran manera, aminorará los congestionamientos y mejorará la calidad de vida de los usuarios del casco central, dando mayor seguridad, economía y rapidez.

Regular la entrada de vehículos con señalización vertical y horizontal.- Con las señalizaciones verticales y horizontales se descentralizará y se dará un mayor flujo al casco central de la ciudad de Tarija.

La regulación con semáforos se logra introduciendo estos mecanismos de control en intersecciones donde hace falta, para regular el número de vehículos que circula en esta intersección.

Estos semáforos tienen un costo individual de 5.500,00 Bs. Los pasos de cebras es necesario en los puntos de estudio ya que los pasos de cebra en el casco central se encuentra despintadas.

A continuación se da el costo de la señalización vertical y horizontal en los puntos de estudio.

Costo de la señalización vertical.

Tabla 14.1. Presupuesto de la alternativa 1. Restringir el acceso.

Costo de la señalización vertical (señales informativas y preventivas) en los puntos de estudio.

Nº	Detalle de material	Cantidad	Precio unitario Bs.	Precio total Bs
1	Chapa metálica de 60 x 60 x 2mm	1	211,66	211,66
2	Tubo metálico galvanizado de 3 m * 2 1/2 pulg	1	427,50	427,50
3	Platino metálico 2 * 1/8 = 40 cm c/u	1	16,00	16,00
4	Fierro corrugado de 1/2 pulg. de 20cm c/u (40cm)	2	30,00	60,00
5	Perno galvanizado de 5/16 * 1 pulg con arandela de plomo o arandela de presión	2	5,00	10,00
6	Lija Nº 220 y 360 para eliminar al perezas en la plancha y tubo	2	6,00	12,00
7	Tapón metálico que se soldara en la parte superior del tubo para evitar la entrada de agua	1 pza.	8,00	8,00
8	Electrodos punto azul para realizar puntos de soldadura	7	6,50	45,50
9	Líquido delay grante para la limpieza de plancha y tubo	0,25 lts	18,50	4,625
10	Pintura anticorrosiva plateado para el tubo plancha y tapón (1mano)	0,22 lts	32,50	7,15
11	Pintura al duco para el tubo, plancha y tapón (2manos) color azul	0,22 lts	43,75	9,63
12	Pintura de logos - nombre de la calle y números con pintura duco y tiner disolvente y sus	0,22 lts	43,75	9,63

	respectivas viñetas color blanco			
13	Tiner	1/2 lts	6,50	3,25
Total				824,94
Más 5% de mano de obra de la señalización vertical				41,25
Total de la señalización vertical				866,18
Total de la señalización vertical de los 8 puntos				6.929,45

Elaboración Propia.

En los costos realizados en la siguiente tabla no se están considerando los costos de equipo, maquinaria y herramientas, gastos generales y administrativos e impuestos.

Como las intersecciones en estudio son ocho: el costo de la señalización vertical es de:

Costo total en las intersecciones = 8 x 866,18 = 6.929,45 Bs

Tabla 14.2. Presupuesto de la alternativa 1. Restringir el acceso.

Costo de la señalización vertical (semáforos) en los puntos de estudio.

Nº	Detalle de material	Cantidad	Precio unitario Bs.	Precio total Bs
1	Poste	1	2.500,00	2.500,00
2	Cabezal	1	3.000,00	3.000,00
Total				5.500,00
Más 5% de mano de obra de la señalización vertical				275,00
Total de la señalización vertical				5775,00
Total de la señalización vertical de 4 semáforos.				23.100,00

Elaboración Propia.

Se colocará cuatro semáforos en tres intersecciones que son motivo de este estudio, estas intersecciones son:

- Calle Corrado y calle Daniel Campos.- este punto tiene la necesidad de un semáforo, por tratarse de una calle con sus dos carriles cada una y un sentido de flujo en ambas calles.

- Calle Domingo Paz y calle Juan Misael Saracho.- este punto tiene la necesidad de dos semáforos, esto es debido a que la calle Domingo Paz cuenta con dos calles y con dos flujos opuestos, es debido a esta razón que en esta intersección hay la necesidad de poner dos semáforos.
- Calle Suipacha y calle Corrado.- este punto tiene la necesidad de un semáforo, por tratarse de una calle con sus dos carriles cada una y un sentido de flujo.

Costo de la señalización horizontal.

El pintado de la señalización horizontal se utiliza pintura blanca asfáltica de 18 litros su costo por galón o (tacho) es de 1.283,26 Bs. Se utiliza un espesor de (0.014 – 0.015 pulg). Las flechas, líneas peatonales y la línea de parada, están en función del ancho de la calzada de cada calle, para el peatonal es de 3 m de largo y 0.40 m de ancho, para las flechas es de 3m de largo y 0.40 m de ancho y para las líneas de paradas es de 0.40 m de ancho y de largo está en función de la calzada de la calle.

La relación del costo de precio unitario de pintura por m2 es la siguiente:

30 m2 – 18 litros

1 m2 – x x = 0,6 litros

18 litros – 1283.26 Bs.

0,6 litros – x x = 45,78 Bs./m2

Tabla 14.3. Presupuesto de la alternativa 1. Restringir el acceso.

Costo de la señalización horizontal de las intersecciones.

Nº	Nombre de la intersección	Cantidad m2	Precio unitario Bs.	Precio total Bs
1	Corrado – Daniel Campos	25,62	42,78	1.96,02
2	Domingo paz – Juan Misael Saracho	43,70	42,78	1.869,49
3	General Trigo – Bolívar.	24,14	42,78	1.032,71
4	Ingavi – Sucre.	18,78	42,78	803,41

5	Bolívar – Juan Misael Saracho	24,16	42,78	1.033,56
6	Campero – Bolívar.	24,16	42,78	1.033,56
7	Colón – Bolívar.	34,78	42,78	1.487,89
8	Suipacha – Corrado.	27,12	42,78	1160,19
Total				9.516,84
Más 5% de mano de obra de la señalización vertical				475,84
Total de la señalización vertical				9.992,68

Elaboración Propia.

En este costo de señalización horizontal, el pintado de las calles se debe hacer a los ocho puntos de estudio. Ya que algunas intersecciones tienen la necesidad del pintado de calles y otras en su mayoría tienen la necesidad de un mantenimiento de pintado de las calles. El costo de estos ocho puntos que son objeto de nuestro estudio es 9.992,68 Bs.

Tabla 14.4. Presupuesto total de la alternativa 1. Restringir el acceso.

Costo de la señalización horizontal y vertical.

Nº	Nombre	Precio total Bs
1	Costo de las señales verticales preventivas e informativas	6.929,45
2	Costo de las señales verticales de cuatro semáforos	23.100,00
3	Costo de las señales horizontales	9.992,68
Total		40.022,13

Elaboración Propia

El costo de la alternativa 1 (señalización horizontal y vertical) es de **40.022,13 Bs.**

Esta solución es aconsejable, ya que se adecua a nuestro medio y más directamente al problema que aqueja el casco viejo de la ciudad de Tarija. Garantiza la eficiencia de la capacidad de las calles y el descongestionamiento del casco central de la ciudad de Tarija. El precio para esta solución a bajo costo es de **40.022,13 Bs.**

Alternativa 2. Replacamiento en el casco central de la ciudad de Tarija.

Esta alternativa en particular, consiste en restringir el acceso de los vehículos terminados en cierto número, al casco central de la ciudad de Tarija.

Tiene la ventaja de:

- Aminora el volumen en el casco central, tanto público como privado.
- Las velocidades aumentarán dentro del casco central.
- Bajaré la tasa de accidentes.
- El vehículo no tendrá arranques momentáneos.

La desventaja sería:

- Al no ingresar un número de placa habrá mayor incidencia de otro número de placa generando el mismo problema vehicular. Esto es debido a que los usuarios no solo cuentan con un medio de transporte, sino la mayoría de los usuarios consta de dos o más vehículos.

Tabla 15. Presupuesto de la alternativa 2. Replacamiento en el casco central de la ciudad de Tarija.

Nº	Nombre de la intersección	Cantidad	Precio unitario Bs.	Precio total Bs
1	Policías	2	50,00	100,00
Total				100,00
Total de las 8 intersecciones/día				800,00
Total de las 8 intersecciones/mes				20.800,00
Total de las 8 intersecciones/anual				249.600,00

Elaboración Propia.

Esta solución es aconsejable, ya que dio buenos resultados, sin embargo para optar por esta solución se debe hacer un estudio de placas, para así saber la incidencia que tiene la terminación de una placa con la otra. El precio para esta solución a bajo costo es de **249.600,00 Bs/anual.**

4.3.3. Costos de las alternativas planteadas.

Con el fin tener una visión más clara respecto al costo se da la siguiente tabla donde se muestra el costo de las alternativas planteadas y presentándolos para su comparación en el costo de cada alternativa.

Tabla 16. Costos de las diferentes alternativas.

N°	ALTERNATIVA DE BAJO COSTO	COSTO Bs
1	Restringir el acceso con señales verticales y horizontales	40.022,13
2	Replacamiento en el casco central/anual	249.600,00

Elaboración Propia.

4.3.4. Costo de la solución adecuada a nuestro problema del casco central.

Para tomar la mejor decisión se debe tomar en cuenta dos factores principales: el costo y la eficiencia, para saber si es viable para el casco central de la ciudad de Tarija, debido a estos a estos dos factores fundamentales se llega a la siguiente conclusión.

Por el costo y la eficiencia de los resultados se toma la alternativa 1 (Restringir el acceso) para que las calles de la ciudad de Tarija trabaje en su capacidad máxima, colocando señales verticales y horizontales, prohibiendo el estacionamiento en las calles del casco central, con un tiempo de estacionamiento de cinco minutos como máximo.

Tabla 17. Costo de la solución adecuada a nuestro problema del casco central.

N°	ALTERNATIVA DE BAJO COSTO	COSTO Bs
1	Restringir el acceso	40.022,13

Elaboración Propia.

Esta solución a bajo costo tendrá la finalidad de: disminuir el volumen de tráfico, que la capacidad de sus calles trabajen satisfactoriamente evitando de esta manera congestionamientos, aminorará los accidentes, aumentará la velocidad de flujo de los vehículos y tendrá una un costo de **40.022,13 Bs**. De esta manera el nivel de servicio dejará de ser un flujo forzado (F) y mejorará la calidad de vida de los usuarios del casco viejo de la ciudad de Tarija.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de la influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija arrojan valores tanto de capacidad como parámetros de tráfico de acuerdo a nuestro medio a ser tomados en cuenta.
- Mediante este estudio se llegó a determinar la capacidad y nivel de servicio en el casco central de la ciudad de Tarija en puntos estratégicos, los mismos datos que servirán como guía ampliar estas calles y para el diseño de las calles del casco central de la ciudad de Tarija.
- La capacidad en las calles de estudio están por en el límite indicados por el manual de capacidad. Similarmente el volumen está por encima de su capacidad arrojando así un nivel de servicio “F” de flujo forzado.
- La velocidad de punto en nuestra zona de estudio nos da **3,37 m/s** ó **12,13 Km/h**, esta velocidad está por debajo de los **40 Km/h**, dando así como resultado un flujo forzado “F”.
- Las velocidades no se rigen en un patrón, ya que hay momentos en que se descongestiona el casco central y la velocidad aumenta bruscamente.
- Se concluye también que uno de los factores más prevaletientes para producir el congestionamiento es el transporte público, esto es debido a que el transporte público no obedece a una velocidad adecuada aun cuando la calle está despejada, es decir el transporte público tiene su propia velocidad este despejada o congestionada, esto es debido a que quiere recoger la mayor cantidad de personas dentro del casco central.
- La influencia de los vehículos livianos públicos es del 38,19%, así mismo La influencia de los vehículos medianos públicos es del 22,06%, lo que llega a concluir que tiene mayor influencia el transporte liviano público que el transporte mediano público.

- La influencia del volumen del transporte público es de **60,25%**, esta influencia es muy considerable, ya que significa que el 60,25% del transporte público hace uso de las calles de la ciudad de Tarija, es por eso que se concluye que uno de los factores importantes del problema que existe en el casco central es el transporte público.
- Así también la influencia del volumen del transporte público en la capacidad y nivel de servicio es del 60,25%, ya que el 60,25% que comprende al transporte público hace uso de las calles del casco central afectando directamente a su capacidad y nivel de servicio.
- Con los datos históricos obtenidos, concluimos que el casco central de la ciudad de Tarija estuvo en un nivel de flujo F desde el año 2004 y por ende desde hace mucho tiempo atrás se tiene estos problemas ya que tuvo que pasar por lo diferentes niveles de servicio a lo largo de la historia para llegar a un nivel de servicio (F) flujo forzado, donde la velocidad es mínima y su capacidad trabaja por debajo de lo que debería.
- La mejor solución tanto económica como eficiente es la solución a bajo costo. Dicha solución tiene los siguientes aspectos: restringir el acceso de los vehículos, prohibir el estacionamiento en las calles de la ciudad de Tarija, regulando la entrada con señalización vertical y horizontal. Toda esta solución a bajo costo tendrá una inversión de **40.022,13 Bs**. Con esta solución se aminora el volumen de las calles, su capacidad trabaje satisfactoriamente y así llegar tener un mayor flujo en el casco central. También garantiza no genera más problemas y llevar este nivel de servicio (F) a un nivel de servicio menor.

5.2 RECOMENDACIONES

- Los valores obtenidos con este estudio en las calles del casco central de la ciudad de Tarija, deben ser tomados en cuenta para determinar parámetros en dichas calles y de esta manera, permita brindar herramientas para el planeamiento o dimensionamiento de las calles o para implementos que se quieran realizar a futuro.
- En primer lugar se debe continuar con los conteos estadísticos de forma trimestral, semestral y/o anual, para que de esta manera recolectar la mayor información posible sobre el comportamiento del transporte público en todas sus modalidades.
- Para el aforo continuo en el casco central de la ciudad de Tarija se recomienda utilizar métodos automáticos con detectores neumáticos, para registrar los impulsos causados por las ruedas de los vehículos. Ya que estos aforadores automáticos registran la pasada de ejes y como en el casco central solo acceden transporte mediano y liviano con dos ejes se podrá hacer las lecturas de una manera precisa así obteniendo datos históricos y tener un análisis frecuente para dar soluciones adecuadas.
- Se deberá realizar un control riguroso en los puntos de máxima demanda para que estos funcionen como paradas de paso y no como terminales, restringiendo el tiempo de parada a cinco minutos que es tiempo suficiente para permitir el ascenso y descenso de pasajeros y así de esta manera evitar el congestionamiento vehicular provocado por unidades del transporte público mediano especialmente en horas pico. Así también el usuario no tiene que hacer parar al micro en lugares que no está permitido, ya que si este para el 50 % de su capacidad queda en neutralizado, y si en los dos carriles hicieron parar los vehículos se pierde el 100% de su capacidad.
- Se recomienda que en los próximos años no deben incrementarse nuevas líneas de micros, ni mucho menos que pasen por las calles y zonas congestionadas del casco central. Y si la demanda lo solicita crear nuevas líneas de micros que no pasen por el casco central, si nos rutas alternas que pase por los alrededores del casco central de la ciudad de Tarija.

- Se tiene que llegar a un consenso con el medio de transporte para que este no genere nuevas líneas o incremente el crecimiento del transporte mediano público.
- En cuanto a las velocidades de punto del transporte en el casco central es de **3,37 m/s**. lo que es relativamente baja, porque la política del sector transporte público mediano es tener el mayor número de pasajeros en su ruta dentro del casco central, y por este motivo se transporta a una muy baja velocidad. Se recomienda incrementar normando la velocidad para de esta manera tener un flujo más libre.

BILIOGRAFIA

- 1.- CAL RAFAEL CAL Y MAYOR** Ingeniería de tráfico.
JAMES CÁRDENAS. Fundamentos y Aplicaciones Mexicana de camino A.C. y Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. (Octava Edición).
- 2.- KRAEMER CARLOS.** Elementos de la Ingeniería de Tránsito. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid 1995 (Quinta edición).
- 3.- KRAEMER CARLOS.** Ingeniería de Carreteras (Volumen I) Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid 2003.
- 4.- VALDÉZ GONZÁLES ROLDÁN** Ingeniería de Tráfico.
ANTONIO. Editorial Dossat S.A. Madrid, impreso en Madrid España en 1971.
- 5.- BOX C. PAÚL OPPENLADER C.** Manual de Estudios de Tránsito.
JHOSEPH. Coordinación General de Transporte D.D.F., Asociación Mexicana de Ingeniería de Transporte A.C., Representaciones y Servicios de Ingeniería de S.A. cuarta edición, editorial LEE S.A. impreso en México en 1995.
- 6.- JUAN GABRIEL TAPIA ARANDIA,** Apoyo didáctico para la enseñanza y apren-
ROMEL DANIEL VEIZAGA BALTA. zaje de la asignatura de ingeniería de tráfico. Cochabamba – Bolivia, Septiembre 2006.

- 7.- VICTOR GABRIEL VALENCIA ALAIX.** Ingeniería de Tránsito. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, facultad de Minas, escuela de Ingeniería Civil. Medellín, Febrero de 2007.
- 8.- COOPERATIVA INDUSTRIAL SUR MURCIA S.C.** Estudio de Tráfico y Acceso, T.M. de Murcia. Murcia, Junio 2008.
- 9.- RADELAT EQUES GUIDO.** Manual de ingeniería de Tránsito. Internacional Road Federation Chicago 1964.
- 10.- MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS (HCM) VERSIÓN 2000 PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE CARRETERAS DE DOS CARRILES.** Raúl Iván Palma Álvarez, Universidad de San Carlos y Guatemala, Facultad de Ingeniería, Marzo de 2006.
- 11.- RAÚL IVAN PALMA ÁLVAREZ.** Aplicación del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) versión 2000, para la evaluación del nivel de servicio de carreteras de dos carriles. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala, Marzo de 2006.
- 12.- INTERNET.** <http://ensayosgratis.com/Acontecimientos-Sociales/Texto-Guía-Ingeniería-De-Tráfico/8802.html>.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/tomo12norma.pdf>.

http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Categoría:Capacidad_y_Niveles_de_Servicio.

<http://www.slideshare.net/wlopezalmarza/ingenieria-de-transito-semaforos>.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_7519.pdf.

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