

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL

### CARRERA DE INGENIERÍA EN LOGÍSTICA

Tema: “Movilidad urbana con relación a la circulación vehicular y peatonal Calle Bolívar-Tulcán -Provincia de Carchi “

Trabajo de titulación previa la obtención del  
título de Ingeniero en Logística

AUTOR: Pozo Paspuezán Roger Ariel

TUTOR: Mafla Bolaños Iván Gabriel, MSc.

Tulcán, 2020

## CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Pozo Paspuezán Roger Ariel con el número de cédula 0401860507 ha elaborado el trabajo de titulación: “Movilidad urbana con relación a la circulación vehicular y peatonal Calle Bolívar- Tulcán -Provincia de Carchi “

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

04012544 Firmado digitalmente por  
46 IVAN digitalmente por  
GABRIEL 0401254446  
MAFLA IVAN GABRIEL  
MAFLA MAFLA  
BOLAÑOS BOLAÑOS  
Fecha: 2020.12.04  
17:36:39 -05'00'

f.....

Mafla Bolaños Iván Gabriel

**TUTOR**

RUBEN DARIO Firmado digitalmente por  
MUJICA RUBEN DARIO MUJICA  
BETANCOURT BETANCOURT  
Fecha: 2020.12.03 20:44:15  
-05'00'

f.....

Rubén Darío Mujica Betancourt

**LECTOR**

Tulcán, diciembre de 2020

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de ingeniería en logística de la Facultad de Comercio Internacional, Integración, Administración y Economía Empresarial

Yo, Pozo Paspuezán Roger Ariel con cédula de identidad número 0401860507 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



f.....

Pozo Paspuezán Roger Ariel

AUTOR

Tulcán, diciembre de 2020

## ACTA DE SESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pozo Paspuezán Roger Ariel declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Movilidad urbana con relación a la circulación vehicular y peatonal Calle Bolívar- Tulcán -Provincia de Carchi “ y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



f.....

Pozo Paspuezán Roger Ariel

AUTOR

Tulcán, diciembre de 2020

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser mi apoyo y mi pilar, por siempre estar a mi lado como un amigo leal. Lograr superar los obstáculos que se presentaron en mi vida personal y profesional.

Sin menos importancia a mis padres por su constante apoyo brindado cada día, por su bendición que fue sin falta una motivación más para empezar una semana con el entusiasmo de cumplir con mis responsabilidades en mis estudios, por sus muchos consejos que me sirvieron para tomar las mejores decisiones y seguir siendo la misma persona formada con valores que siguen impartándose día a día, a mis hermanas y hermano que estuvieron pendiente de mi crecimiento profesional y el entusiasmo de ver un nuevo profesional con las ganas de seguir aprendiendo cada vez más.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por brindar sus instalaciones y personal que labora en tan prestigiosa institución, a cada docente de la carrera de Logística que compartió su conocimiento para formar a un nuevo profesional, al MSc. Iván Mafla por su tiempo brindado en cada parte del proceso de investigación impartiendo su amplio conocimiento sobre el tema y sin perder el mismo entusiasmo de culminar por completo la investigación y de esa manera sirva para futuras consultas.

Roger Ariel Pozo Paspuezán

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios, a mi padre Sr. Bolívar Pozo por ser mis guías en mi formación personal y profesional su apoyo económico y emocional para que termine mi carrera profesional. A mi madre Sra. Zoila Paspuezán que siempre demostró su cariño incondicional en momentos donde necesitaba de un apoyo emocional sus consejos de cómo “entre más títulos tengas más humilde tienes que ser” esas palabras las llevo siempre conmigo, estas palabras demuestran lo agradecido que estoy con ellos. A mis hermanas Srta. Tania Pantoja, Srta. Belén Pozo y hermano Sr. Marlon Maliz, mis abuelitos Elvia Zurita, Fabián Villarreal y Luz María Pérez que me apoyaron en mis estudios con pequeños consejos y motivaciones en ser un profesional correcto y con buenos valores, sin menos importancia a mis sobrinos Nicol, Christopher, Damaris y Valentina que siempre me han visto como un ejemplo a seguir en mi crecimiento profesional.

Roger Ariel Pozo Paspuezán

## ÍNDICE

I. PROBLEMA .....	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	14
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.4.1. Objetivo General .....	15
1.4.2. Objetivos Específicos .....	15
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	15
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	16
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	16
2.2. MARCO TEÓRICO .....	17
2.2.1 Movilidad Urbana.....	17
2.2.2 Sistema Integrado de Transporte.....	18
2.2.2 Infraestructura .....	18
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	22
3.1.1. Enfoque .....	22
3.1.1.1 Cuantitativo .....	22
3.1.2. Tipo de Investigación .....	22
3.1.2.1 Campo .....	22
3.1.2.2 Documental .....	22
3.1.2.3 Experimental .....	23
3.2. IDEA A DEFENDER.....	23
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	23
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....	25

3.4.1. Análisis Estadístico .....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1. RESULTADOS .....	27
4.1.1 Resultados básicos.....	27
4.1.2 Indicadores .....	27
4.1.3 Tabulación de conteo giros y volumétrico del tráfico .....	37
4.1.8. Modelo de circulación vehicular .....	48
4.1.9 Alternativas para el flujo de vehicular y peatonal.....	57
4.2. DISCUSIÓN.....	61
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1. CONCLUSIONES .....	63
5.2. RECOMENDACIONES .....	64
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
VIII. ANEXOS .....	67

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Formato de giros de tráfico por cada intersección calle Bolívar. ....	26
Figura 2. Formato de conteo volumétrico de tráfico por cada intersección calle Bolívar. ....	26
Figura 3. Intersecciones que no intervienen o aportan al flujo neto. ....	27
Figura 4. Congestión vehicular arco origen parque Ayora y destino unión de las dos calles. ....	31
Figura 5. Semáforo ubicado en la intersección Bolívar y Boyacá (Google Maps, 2020).....	34
Figura 6. Paradas de bus público en el arco total. ....	35
Figura 7. Flujo vehicular regular en la calle Bolívar. ....	37
Figura 8. Comparación de flujo vehicular promedio entre livianos y camiones por arco. ....	46
Figura 9. Comparación de flujo vehicular promedio entre motocicletas y bicicletas por arco. ....	47
Figura 10. Distribución de flujo de vehículos livianos en cada intersección en Power BI.....	50
Figura 11. Distribución de flujo para camiones en cada intersección en Power BI. ....	51
Figura 12. Distribución de flujo para motocicletas en cada intersección. ....	52
Figura 13. Distribución de flujo para bicicletas en cada intersección. ....	53
Figura 14. Distribución de flujo promedio y volumétrico en la calle Bolívar. ....	54



Figura 15. Distribución de flujo promedio peatonal por cada intersección. ....	55
Figura 16. Flujo vehicular en las paradas de bus para todos los modos. ....	56
Figura 17. Comportamiento en las paradas de bus. ....	57
Figura 18. Foro para el conteo de tráfico volumétrico y giros de tráfico. ....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de las variables. ....	23
Tabla 2. Definición, subdimensión, indicadores y operacionalización de variables. ....	24
Tabla 3. Muestra de varios vehículos y el tiempo que tarda en recorrer la calle Bolívar. ....	28
Tabla 4. Conteo de tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas. ....	29
Tabla 5. Conteo de tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas. ....	30
Tabla 6. Conteo sin tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas. ....	32
Tabla 7. Conteo con y sin tráfico para cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas. ....	33
Tabla 8. Tabulación conteo de giros de tráfico con vehículos livianos. ....	37
Tabla 9. Tabulación conteo de giros de tráfico con camiones dos ejes. ....	38
Tabla 10. Tabulación conteo de giros de tráfico con motocicletas. ....	39
Tabla 11. Tabulación conteo de giros de tráfico con bicicletas. ....	40
Tabla 12. Tabulación conteo de giros sin tráfico con vehículos livianos. ....	41
Tabla 13. Tabulación conteo de giros sin tráfico con camiones dos ejes. ....	41
Tabla 14. Tabulación conteo de giros sin tráfico con motocicletas. ....	42
Tabla 15. Tabulación conteo de giros sin tráfico con bicicletas. ....	43
Tabla 16. Tabulación conteo de flujo peatonal en hora pico. ....	44
Tabla 17. Tabulación conteo de flujo peatonal sin hora pico. ....	45
Tabla 18. Comparación de los componentes de tránsito con y sin tráfico. ....	45
Tabla 19. Resultados de la fórmula recursiva. ....	49
Tabla 20. Resultados de la fórmula recursiva. ....	50
Tabla 21. Resultados conteo volumétrico. ....	58
Tabla 22. Resultados para el factor de hora pico. ....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Acta de predefensa del informe de Investigación. ....	67
Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas. ....	68
Anexo 3: Foros de conteo de tráfico completo e imágenes de la investigación. ....	69

## RESUMEN

La movilidad urbana es una actividad importante en la composición de las ciudades y su infraestructura. La presente investigación permitió conocer la situación actual de la calle Bolívar con un enfoque en la congestión vehicular de todos los tipos de vehículos como livianos, camiones doble eje, buses públicos, motocicletas y bicicletas que intervienen en la vía. Se aplicaron aforos de conteo de giros y volumétricos de tráfico durante una semana. Los giros de tráfico se aplicaron en cada intersección para cada tipo de transporte en un periodo de 15 minutos. El conteo volumétrico se lo realizó en un periodo de dos horas y se determinó que en el arco formado por dos intersecciones (cuadra), hay un promedio de 4 vehículos (uno de cada tipo de vehículo). Hay un 30,48 % de área ocupada en una cuadra de la calle Bolívar, que es una tercera parte de la vía considerando que mide 100 metros. En la presente investigación se determinaron algunos indicadores que intervienen en la ingeniería de tránsito como: la velocidad promedio de 13,33 km/h en el arco que mide 1,2 km, un tiempo de espera promedio de cualquier vehículo en una muestra de 20 vehículos de 49 segundos en el recorrido del arco formado en la calle Bolívar y un factor de hora pico de 0.74 que representa un 74% de ocupación en el arco. De la diferencia entre el porcentaje del factor de hora pico y el del área ocupada se determina que el 43,52% del flujo total en la calle Bolívar es generado por el flujo entrante desde las intersecciones. La densidad esperada con y sin tráfico fue de 41 y 22 vehículos en promedio por kilómetro en un periodo de tiempo de una hora en la vía respectivamente. Se obtuvo una mayor concentración de vehículos livianos con un porcentaje de participación en la calle Bolívar de 50,54% en una hora pico de 12h00 a 14h00, mientras que en un horario de 09h00 a 11h00 que es una hora de menor congestión vehicular se obtuvo un 44,95 %. El tiempo de circulación por el arco en una muestra de 20 vehículos fue de 5 minutos con 40 segundos en promedio. Con los indicadores calculados, densidad esperada y factor hora pico, se determina que existe congestión de moderada a alta en ciertas partes de la vía, con una mayor concentración de vehículos en las paradas de bus en la calle Bolívar en donde se genera un cuello de botella cuando los buses se detienen por ser una vía de un solo carril, lo que impide la circulación fluida de los demás tipos de vehículos que transitan por la vía, situación que sucede con más frecuencia en horas pico del día.

**Palabras claves:** Movilidad urbana, congestión vehicular, infraestructura, hora pico, densidad esperada, factor hora pico, tiempo de espera promedio, velocidad promedio.

## ABSTRACT

Urban mobility is an important activity in the composition of cities and their infrastructure. The present research allowed knowing the current situation of Bolivar Street with a focus on the vehicular congestion of all types of vehicles such as light trucks, double-axle trucks, public buses, motorcycles and bicycles that travel in the road. During one week, turn and traffic volumetric counting were applied. Traffic turns were counted at each intersection for each type of transport in a 15-minute period. The volumetric count was made in a period of two hours and determined that in the arc formed by two intersections (block), there is an average of 4 vehicles (one of each type of vehicle). There is a 30.48% of occupied area in a block of Bolivar Street, which is a third of the roadway, considering that it is 100 meters long. The present investigation set some indicators that intervene in traffic engineering as follows: the average speed of 13.33 km/hour in the arc measuring 1.2 meters, the average waiting time of any vehicle in a sample of 20 vehicles to 49 seconds in the route of the arc formed in Bolivar Street, and a peak hour factor of 0.74 that represents a 74% of arc occupation. The difference between the peak hour factor and occupied area percentages indicates that around 43,52% of the total flow in the Bolívar street is produced by the incoming flow from intersections. The expected density with and without traffic is 41 and 22 vehicles on average per kilometer in a period of time of one hour on the road respectively. A greater concentration of light vehicles was obtained with a percentage of participation in Bolivar Street of 50.54% in a peak hour of 12h00 to 14h00. On the other hand, in a schedule of 09h00 to 11h00, which is an hour of less vehicular congestion, the percentage was 44.95%. The time of circulation through the arc in a sample of 20 vehicles was 5 minutes with 40 seconds on average. The calculated indicators, expected density and peak time factor, allowed determining that there is moderate to high congestion on certain parts of the road. There was a higher concentration of vehicles at the bus stops on Bolivar Street because it is a one-lane street which creates a bottleneck when busses stop, and prevents the smooth flow of other types of vehicles that transit the road. This situation happens more often at peak times of the day.

**Keywords:** Urban mobility, vehicle congestion, infrastructure, peak hour, expected density, peak hour factor, average waiting time, average speed.

## INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular es un problema de todos los países, desde el más pequeño al más grande. Cada país tiene los recursos para poder enfrentar de una u otra manera este fenómeno de la composición de una ciudad. Los autores reguladores de esta situación toman medidas como la creación de nuevas rutas para compensar el flujo vehicular en otras vías con menor circulación de vehículos o aplicar una restricción de horas de uso para transitar por la vía. La situación económica y el estado de la infraestructura existente determina la posibilidad de realizar cambios en paradas, señalización peatonal y vehicular, implementación de semáforos inteligentes, entre otras alternativas de mejora de la movilidad.

Esta problemática también se extiende por las ciudades más grandes de Ecuador como Guayaquil, Quito y Cuenca, pero también afecta a las medianas y pequeñas como Machala, Ibarra o Ambato. Para conocer si esta problemática también está presente en la ciudad de Tulcán y determinar la situación actual de la calle Bolívar en relación a la circulación vehicular y peatonal en un arco delimitado desde el parque Ayora hasta la unión de las dos calles, se implementó una investigación experimental y de campo que sirve para entender el comportamiento que hay en cada intersección, analizando los vehículos que entran y salen de la calle Bolívar, en qué horario hay mayor flujo vehicular, y las causas reales de la congestión. Toda esta recolección de datos se realizó en la situación previa a la pandemia (COVID-19).

## **I. PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La movilidad es una actividad importante en la urbanización de todas las ciudades tanto en infraestructura, modelo urbano, movilidad peatonal por calles, sistemas de transporte, paradas y edificios. Los viajes permiten cumplir una serie de objetivos o necesidades, para ello se necesita agilizar tiempos y costos siempre y cuando la infraestructura y el transporte lo permitan. Se conoce que la congestión vehicular, que es la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atrancamientos, es un tema que involucra todos los agentes o elementos de la ingeniería de tránsito. Diferentes países están planeando o implementando rutas alternativas, restricciones en el uso del automóvil en periodos de tiempo de mayor flujo vehicular u horas pico, nuevas formas de transporte como el metro, autobús, luz ferrocarril, tren de alta velocidad, metro (López, 2015).

Sin embargo, a pesar del aumento en los niveles de movilidad urbana en el mundo, el acceso a los lugares, actividades y servicios se está tornando cada vez más difícil. El crecimiento urbano descontrolado y la expansión desmedida de las ciudades sobre territorios extensos, ha aumentado la distancia entre destinos lugares, como locales de trabajo, parques familiares, escuelas, colegios, universidades, hospitales, oficinas de administración o centros comerciales, lo que ha conducido a un aumento de la dependencia de transporte motorizado y privado, así como de otros tipos de movilidad dependiente del automóvil.

A nivel nacional el problema sigue en aumento en estos últimos años por lo que los Gobiernos Autónomos Descentralizados han tenido que realizar nuevas planificaciones de aperturas de rutas y medios de transporte para tratar de solucionar la movilidad urbana y circulación vehicular, este fenómeno se extiende a las principales ciudades del país (Guayaquil, Quito, Cuenca) pero también afecta a las pequeñas y medianas ciudades del país como Machala, Ibarra, Ambato, Riobamba, Loja, Tulcán (Acosta, 2006).

En el caso de la ciudad de Tulcán este problema no es la excepción y al ser un sector fronterizo, las vías principales y secundarias no cubren la demanda vehicular, a pesar de tener dos arterias viales cuya función es facilitar el flujo vehicular, la Avenida Julio Robles y la Carretera E35 por el sector del aeropuerto.

Aunque se cuenta con la Avenida Julio Robles, el flujo vehicular por el centro de la ciudad sigue siendo caótico y de manera muy especial en las horas de mayor circulación, en la mañana de 6:30 a 8:00 am, al medio día de 12:00 a 2:00 pm y en la tarde de 5:00 a 7:00pm. Las posibles

causas de congestión vehicular pueden ser: el cambio de moneda entre Ecuador y Colombia que ha hecho que muchas familias del sur del país se desplacen en sus propios vehículos hasta Colombia a adquirir productos, el incremento de vehículos particulares, la desmedida migración de los ciudadanos venezolanos, entre otras situaciones que deben ser estudiadas y a su vez generar alternativas de solución.

El modelo debe simular la realidad del flujo vehicular de la calle Bolívar en diferentes días de la semana y en horarios considerados de mayor flujo vehicular. Este fenómeno será diagnosticado mediante un conteo de giros de tráfico y conteo volumétrico. El modelo servirá como aporte académico para una posible realización de prácticas de los estudiantes, proyectos de vinculación e incluso para los docentes que desean incluir el modelo como método o una herramienta para enseñar conceptos básicos sobre movilidad urbana y su relación con el flujo vehicular.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo afecta el estado actual de la movilidad urbana con relación a la circulación vehicular y peatonal a la congestión de la calle Bolívar en la ciudad de Tulcán?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Debido al alto congestionamiento que existe en la ciudad de Tulcán especialmente en la calle Bolívar se requiere una investigación sobre los procesos de planificación para descongestionar el sector centro de la ciudad.

Con un manejo adecuado y técnico de los estudios existentes sobre la infraestructura vial con la que cuentan las calles del sector urbano de la ciudad, se puede optimizar recursos y la planificación de posibles soluciones para mejorar la circulación vehicular y peatonal, siempre en función de cumplir con las ordenanzas emitidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Tulcán.

La investigación permitirá conocer cómo funciona el flujo vehicular y su incidencia en la movilidad urbana, la necesidad del desarrollo de sistemas orientados al servicio de movilidad y logística urbana. Actualmente no se observan cambios o mejoras en la circulación vehicular a pesar de que se cuenta con varias paradas e incluso semáforos.

Se pueden tomar acciones para solucionar el problema con la apropiada gestión de los recursos y los medios que involucran la solución de este tipo de problemas. El estudio completo con profesionales en gestión y distribución en el flujo vehicular permitirá optimizar tiempos y costos generados en las congestiones.

## **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### 1.4.1. Objetivo General

- Analizar la movilidad urbana en relación al flujo vehicular y peatonal en la ciudad de Tulcán y su incidencia en la congestión de la calle Bolívar.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la circulación vehicular y peatonal en el sector centro de la ciudad de Tulcán por la calle Bolívar.
- Establecer un modelo que describa el comportamiento vehicular con base en análisis de patrones de flujo determinados en la situación actual.
- Identificar alternativas de mejora para la circulación vehicular y peatonal en la calle Bolívar.

### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿El diagnóstico del sector centro de las calles de la ciudad de Tulcán dará una solución a la problemática sobre la circulación vehicular?
- ¿Se puede establecer un modelo de circulación vehicular con base en análisis de patrones de flujo determinados en la situación actual?
- ¿El diseño de una propuesta de mejora de las redes de flujo vehicular permitirá agilizar la congestión vehicular?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La presente investigación se centra en el análisis de la movilidad urbana en relación con el flujo vehicular y peatonal en la ciudad de Tulcán y su incidencia en la congestión de la calle Bolívar, evaluando la situación actual y el comportamiento de los usuarios del transporte público, vehículos particulares, transporte de mercancías (camiones doble eje), usuarios de motocicletas y bicicletas. Estos tipos de vehículos hacen uso de la calle Bolívar incorporándose por las distintas intersecciones disponibles dependiendo de las necesidades de cada persona. Por esta razón se toman referencias de trabajos de investigación y documentos relacionados a flujos vehiculares, movilidad urbana y redes urbanas para iniciar el proceso de recolección de datos. Escudero (2018) define a la movilidad como una importante debilidad de las ciudades en crecimiento que afecta a los niveles socioeconómicos y medios de producción en los países. También la movilidad brinda estrategias que algunas poblaciones usan para frenar o controlar las consecuencias que genera o provoca este fenómeno. La separación física entre las áreas residenciales y los lugares de empleo, mercados, escuelas y servicios médicos obligan a muchas personas a pasar cada vez más tiempo viajando y a gastar alrededor de una tercera parte de sus ingresos en transporte.

La investigación realizada por Itrigo (2011) indica que la congestión de tráfico es interpretada como un resultado del complejo sistema que sucede en Caracas de las partes interactivas de la vialidad urbana en el transporte terrestre, suponiendo los subsistemas complejos de Caracas. Determina que existe un alto nivel de congestión de tránsito producto del excesivo abuso de la vialidad en términos de su geometría y falta de tratamiento adecuado de la demanda, el mal comportamiento de los usuarios en el uso adecuado de las vías, el transporte público en dirección de sectores privados y una falta de inversión vial. Estas acciones conjuntas podrían dar lugar a un sistema de regulación que no es posible predecir, pero que no sería en ningún caso igual a aquella donde el transitar sea en consecuencia adecuado para la sociedad.

La investigación realizada por Tapia y Veizaga (2006) indica que es necesario adoptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, conocer los problemas que presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias en aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Las soluciones se plantean a partir de un análisis de los factores involucrados en el problema de tránsito como la congestión vehicular, la poca planificación en el tránsito que provocó que el automóvil no sea considerado como una necesidad pública, la falta de intervención directa del gobierno en solucionar el



problema de circulación y la superposición del tránsito motorizado en zonas céntricas de la ciudad.

Si bien es cierto que todas las personas tienen derecho a acceder a su vivienda, lugar de trabajo, locales de esparcimiento y otros lugares de recreación o realización personal, de manera rápida y eficiente, la construcción de caminos es primordial para el desarrollo de ciudades y países de bajos ingresos. La movilidad no solo debería ser una cuestión de desarrollo de infraestructura y servicios de transporte. Es necesario situarla dentro de un contexto sistémico que contemple la planificación urbana en su totalidad, para superar los apremios sociales, económicos, políticos y físicos relacionados con la circulación de personas.

Para un conteo de tráfico correcto en un sector con mayor flujo de circulación vehicular se utilizan los aforos que indican el problema que se genera en partes o intersecciones que para el caso del presente trabajo, componen el arco origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles). Con esta metodología de recolección de datos se busca generar una estrategia de mejora del flujo vehicular con rutas adecuadas que eviten o disminuyan la congestión vehicular de los sectores principales o arterias viales de una ciudad.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Movilidad Urbana**

La dinámica de las ciudades modernas está marcada por altos y bajos niveles de movilidad de personas y modos de transporte, un fenómeno relacionado con la infraestructura de una población, las actividades y el territorio de distribución. La ciudad tiene un crecimiento exponencial en población y equipos, donde cada vez se están realizando desplazamientos de mayor longitud. Sin embargo, la movilización o desplazamiento en las grandes ciudades dificulta la posibilidad de realizarlos a pie, por lo que se recurre a un modo de transporte que reduzca el tiempo de su trayecto cumpliendo con la situación económica de cada uno y la necesidad que requiera el usuario (Obregón y Quezada, 2015).

En las grandes ciudades es necesario un sistema de transporte eficiente y adecuado para atender las necesidades de la población y la demanda que se genera en horas pico, un sistema que posibilite de manera adecuada la movilidad. Si bien la implementación del transporte en algunos sectores influye de forma indirecta al crecimiento económico y social de la población, en el aspecto laboral su escasez también puede constituir una barrera (por costos, cobertura, entre otros) que impida a trabajadores acceder al empleo (Sobrino, 2006).

## 2.2.2 Sistema Integrado de Transporte

La inclusión del concepto de movilidad urbana, el planeamiento y elaboración de una eficiente infraestructura pública, han significado un importante crecimiento en el aspecto económico y en la calidad de vida de diversas ciudades que han sabido visualizar sus ventajas.

Escudero (2018) indica que en el transporte público está en continuo crecimiento, las ciudades mexicanas tienen conocimiento sobre las ventajas que representa un transporte eficiente que cumpla con las demandas y necesidades de una población. Hay un sistema tipo BRT (*Bus Rapid Transit* por sus siglas en inglés) que está funcionando en cuatro estados del país y se tiene planificado a futuro la aplicación en 8 estados con las mismas ventajas.

El mejoramiento en la calidad de vida urbana pasa por una reestructuración en la forma de hacer ciudad, en donde el rol de la infraestructura pública es significativa en la aparición de distintas realidades territoriales; la manera más efectiva de transportar determinada cantidad de personas no es promoviendo el uso del automóvil (que produce contaminación ambiental, acústica y un colapso sustancial de las vías urbanas) sino mediante el desarrollo de un eficaz sistema de transporte público, que contribuya a llevar una mejor calidad de vida con tiempos de viaje menores, cuidado del medio ambiente y crecimiento económico mediante la creación de empleos de calidad y a conformar una sociedad con mayores oportunidades dentro de su ciudad en términos de recreación y trabajo.

## 2.2.2 Infraestructura

### 2.2.2.1 Red Primaria

Es un conjunto de rutas principales que son vías caracterizadas por una elevada cantidad de tránsito y con un gran aporte de viajes internacionales, interprovinciales, permitiendo la conexión en distintas zonas estratégicas para un país como ciudades principales, puerto, aeropuertos, fronteras, entre otras (Dupuy, 2001).

### 2.2.2.2 Red Secundaria

Son rutas caracterizadas por conectar cabeceras cantonales principales. Aportan al traslado por distintas áreas recreativas, laborales o de hogar y generan una cantidad considerable de viajes interregionales o intercantonales, siendo su función principal unir los flujos de mediana distancia (Dupuy, 2001).

### 2.2.2.3 Arco de movilidad

De acuerdo con López (2015) indica que un Arco establecido por un punto de origen y uno de destino (O-D), se utilizan directamente para estimar los flujos de viajes entre todas las zonas en que se divide una ciudad para fines de planeación del transporte.

### 2.2.2.4 Infraestructura de parada de buses

De acuerdo con López (2015) se indica que es un elemento perteneciente a la infraestructura urbana, caracterizado por ser un espacio público, multifuncional de uso social y colectivo, de dimensiones acotadas, destinado a acoger a pasajeros en la espera de un transporte público de parada específica en dicha localización. Este se sitúa en las calzadas, donde funciona a modo de referencia física visible de la existencia de punto de parada de los autobuses. Las paradas de los buses pueden no ser las adecuadas para los peatones que hacen uso del transporte público ya que el bus público al estacionarse en las paradas para dejar o recoger pasajeros, afecta a la circulación vehicular debido a que el espacio es reducido y no está señalizado completamente para su fácil identificación en la calzada de la calle Bolívar.

### 2.2.2.4 Características para medir flujos vehiculares

Es importante reconocer las variables que se necesita para medir el flujo vehicular:

- Tasa de Flujo
- Volumen
- Intervalo simple entre vehículos consecutivos
- Promedio entre varios vehículos

Tasa del flujo ( $q$ ) y volumen ( $q$ ):

La tasa del flujo ( $q$ ) es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. La tasa de flujo es pues el número de vehículos ( $N$ ) que pasan durante un intervalo de tiempo específico ( $T$ ) a una hora, expresada en vehículos/hora. No obstante, la tasa de flujo  $q$  también puede ser expresada en vehículos/minutos, teniendo cuidado con su interpretación, pues no se trata del número de vehículos que efectivamente pasan durante una hora completa o volumen horario  $q$ . La tasa del flujo se calcula entonces con la siguiente expresión: (Delgado, 2012, p. 2)

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

#### 2.2.2.5 Factor hora pico

De acuerdo al artículo de Quintero (2017) indica los parámetros para el caso de flujo de vehículos como el volumen horario, la hora de máxima demanda (HMD), el volumen horario de máxima demanda (VHMD) y el factor de hora pico (FHP). Para calcular la velocidad neta se obtienen la velocidad de viaje, la velocidad a flujo libre, la velocidad de establecida por políticas de tránsito y la velocidad congestión. Finalmente, para el cálculo de la densidad se realiza un conteo de vehículos por longitud de vía, generalmente de un kilómetro.

El periodo de tiempo para determinar el factor de hora pico es de 1 hora por lo tanto el valor de  $N$  es 1, esto debido a motivos de tiempo y recursos que resultaron en un conteo general volumétrico de tráfico en una hora por día en horarios con mayor y menor circulación vehicular.

$$FHP = \frac{VHMD}{q(max) * N}$$

#### 2.2.2.5 Equipos

##### Bus público

Pérez y Merino (2015) indican que el bus es un término empleado para nombrar un medio de transporte que puede trasladar a muchos pasajeros de manera simultánea y que realiza un recorrido fijo o ruta asignada para brindar el servicio. En algunos países, al autobús se lo conoce como ómnibus, micro, colectivo o guagua. Hay una amplia variedad de buses de acuerdo al recorrido, capacidad o al servicio que ofrece. Existen buses que circulan dentro del ámbito urbano y realizan recorridos poco extensos, mientras que otros completan viajes de larga distancia, incluso que unen distintas ciudades o hasta países. Dentro de las ciudades más grandes, es habitual que los pasajeros tengan a su disposición más de una línea de bus.

##### Camión doble eje

Es un vehículo con motor que tiene al menos cuatro ruedas y que se utiliza para el traslado de cargas pesadas. Los camiones son usados para el transporte de mercancías. Existen múltiples tipos de camiones, cuyas características varían según su carga. Los camiones más simples cuentan con una especie de caja donde se almacenan los objetos que transporta. Otros son diseñados para el traslado de mercaderías que requieren de frío, como la carne y otros alimentos (Pérez y Merino, 2018).

##### Vehículo liviano

También llamados autos o carros, se destinan al traslado de las personas o mercancías de menor peso. Existen muchos tipos de automóviles. En términos generales puede decirse que los automóviles tienen un chasis que sostiene la carrocería; cuatro ruedas con llantas y neumáticos; un motor con caja de cambios; un volante para la conducción; y pedales para acelerar y frenar. Por supuesto, muchos otros elementos, sistemas y mecanismos forman parte de esta máquina (Pérez, 2019).

#### Motocicleta

Motocicleta puede ser definido como: “Vehículo automóvil de dos ruedas, con uno o dos sillines y, a veces, con sidecar” (Diccionario de la Real Academia Española, 2014, p. 1).

#### Bicicleta

Bicicleta puede ser definido como: “Vehículo de dos ruedas, normalmente de igual tamaño, cuyos pedales transmiten el movimiento a la rueda trasera por medio de un plato, un piñón y una cadena” (Diccionario Real Academia Española, 2014, p. 1).

#### 2.2.2.6 Planificación en proyectos de transporte

##### Conceptualización de un plan de movilidad urbana sostenible para el gobierno municipal de Tulcán

Un Plan de Movilidad Urbana para la ciudad de Tulcán tiene una dirección hacia el proceso de transferencia de movilidad que a través de resoluciones ejecutadas principalmente por los Gobierno Autónomo Descentralizado de Tulcán. Cumpliendo con el traspaso de las competencias de movilidad por parte del Estado Central. El GAD Tulcán ha decidido implementar actualmente un Modelo de Gestión Tipo “C” esto significa la creación de la Dirección de Tránsito y Transporte Terrestre; al cumplirse con este procedimiento indispensable para su ejecución y que la decisión política de las autoridades del GAD Tulcán determinan el inicio y elaboración del Plan de Movilidad Urbana Sostenible (Chamorro, 2015).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### 3.1.1. Enfoque

###### 3.1.1.1 Cuantitativo

Se usa para la recolección de datos y comprobar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico de los datos encontrados y establecer patrones de comportamiento en posibles teorías (Fernández, 2012).

La investigación permitirá obtener información para medir la planificación de la movilidad urbana del sector centro utilizando como base de estudio la calle Bolívar, arteria de movilidad principal en la ciudad de Tulcán. Además de interpretar la información recolectada a través de cuadros y tablas elaboradas con datos recogidos de los aforos para conteo y giros de tráfico.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

###### 3.1.2.1 Campo

Arias (2012) indica que la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.

Este tipo de investigación permitirá diagnosticar la situación actual y los problemas que se generan en la calle Bolívar con los componentes que intervienen en la ingeniería de tránsito como tiempo promedio de espera, hora pico, densidad esperada.

###### 3.1.2.2 Documental

Se aplicará la investigación documental bibliográfica para aumentar y adelantar diferentes enfoques, definiciones y criterios de diferentes autores, artículos de revistas, artículos de páginas web, sobre las variables a investigarse.

“La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, 2012, p.27).

Con la investigación se podrá recabar información que permita sustentar el marco teórico, así como para comparar información recolectada de los informes o proyectos de las entidades

Gubernamentales para la interpretación de resultados y cómo funciona la planificación de la movilidad urbana.

### 3.1.2.3 Experimental

Establece que la experimentación es una forma de aprender algo cuando se trata de un número de condiciones variables de manera sistemática para obtener algunos efectos. En conclusión, experimentar es cambiar o mover algo y esperar el resultado que genere (Morse, 1994).

La aplicación de este tipo de investigación permitirá evaluar el comportamiento de cada tipo de vehículo que interviene en la calle Bolívar en determinados periodos de tiempo. Las horas de mayor y menor circulación servirán para generar diferentes alternativas de mejora implementando restricciones, creación de nuevas rutas, de esa manera conocer y diferenciar el tráfico con y sin posibles alternativas de mejora.

## 3.2. IDEA A DEFENDER

El modelo de movilidad urbana en relación a flujos vehiculares y peatonales incide en el nivel de congestión de la calle Bolívar.

## 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Identificación de las variables.

Unidad de análisis	Variable	Tipo
Circulación	Flujo de personas	Independiente
	Flujo de vehículos	Independiente
Movilidad	Congestión	Dependiente

Fuente: Teoría de flujo vehicular/otros antecedentes investigativos (2019)

Tabla 2. Definición, subdimensión, indicadores y operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Subdimensión	Indicador	Ítem
<b>Congestión</b>	Es el nivel de ocupación vehicular/peatonal en función del área y periodo de circulación	Periodicidad de análisis	Velocidad promedio	¿Cuál es la velocidad promedio de circulación vehicular por el arco de origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
			Tiempo de espera máximo promedio	¿Cuál es el tiempo máximo promedio de espera en el arco origen (parque Ayora) y el destino (unión de las dos calles)?
		Área de circulación	Factor de Hora Pico	¿Cuál es el factor pico comprendido en el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
			Porcentaje de participación modal	¿Qué porcentaje de participación tienen buses, taxis y vehículos particulares en el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
Densidad esperada	¿Cuál es la densidad esperada con base en las predicciones del modelo?			
<b>Flujo vehicular</b>	Representan el volumen y la composición vehicular de una red de transporte en una zona y periodo determinados	Volumen del flujo	Número de viajes por arco.	¿Cuántos viajes se dan en el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
			Infraestructura	Número de semáforos por arco
		Composición del flujo	Número paradas de bus por arco	¿Cuántas paradas de bus existen en el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
			Número de vehículos por modo	¿Cuántos vehículos como buses, taxis y vehículos particulares circulan en el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
		Eficiencia del flujo	Tiempo de circulación por arco	¿Cuál es el tiempo de circulación vehicular por el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
		Ocupación del flujo	Área del arco vehicular	¿Cuál es el área total ocupada del vehículo por el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
<b>Flujo peatonal</b>	Representan el volumen y la composición peatonal de una red de transporte en una zona y periodo determinados	Volumen del flujo	Número de personas por arco	¿Cuántas personas participan por el arco con origen (parque Ayora) y destino (unión de las dos calles)?
			Ocupación del flujo	Área del arco peatonal

Fuente: Teoría de flujo vehicular/otros antecedentes investigativos sobre movilidad urbana (2019)



### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

El ámbito de aplicación del modelo es la ciudad de Tulcán calle Bolívar, puesto que son las zonas donde se ha modificado tanto la red vial como la red de transporte público, y por tanto, donde es preciso calcular el reparto modal, distancia, tiempos de viaje, costes, tiempos de acceso. La determinación de los parámetros investigativos se realizará con base en los lineamientos y aspectos establecidos por la ingeniería de tráfico mediante la realización de encuestas, conteos de tráfico, catastros y análisis de documentos e informes de estudios realizados por entidades reguladoras de Tulcán para el caso de la calle Bolívar. Los aforos volumétricos y el conteo de tráfico son las herramientas para determinar la situación actual y la incidencia con el tráfico de la calle Bolívar.

#### 3.4.1. Análisis Estadístico

Con los datos recolectados se realizará un análisis estadístico descriptivo que permita establecer resultados en función a los objetivos planteados. La herramienta para la tabulación de la información proporcionada por las encuestas será a través de Excel y *Power BI* de esa forma será fácil interpretar los datos con tablas y gráficos estadísticos.

La tabulación de los datos en Excel permite generar gráficas para cada intersección de la calle Bolívar y analizar el comportamiento de cada vehículo y su incidencia con el tráfico actual que sirve como proceso de investigación. Cada interpretación de los datos permitirá valorar la incidencia sobre la congestión vehicular en una semana.

*Power BI* es la principal herramienta de análisis para la generación de reportes y *dashboards* de los datos recolectados durante el proceso en el conteo de tráfico para cada intersección. Para medir la tasa de flujo de la calle principal se utiliza una fórmula recursiva en arcos para una vía de un solo sentido.

No se realizará cálculos de la muestra porque el análisis de movilidad urbana y congestión se basa en el conteo y aforos de tráfico en periodos tiempos establecidos por el investigador; dos horas para conteo volumétrico en una vía de un solo sentido, con flujos de mayor y menor circulación vehicular y 15 minutos para el conteo de giros de tráfico en las intersecciones de la calle Bolívar para cada modo de transporte.

### 3.4.2 Formato de conteo de giros de tráfico







CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DE TRÁFICO								
INTERSECCIÓN			ENCUESTADOR					
ESTACIÓN N°			SENTIDO	N-S <input type="checkbox"/>	-N <input type="checkbox"/>	W <input type="checkbox"/>	W-E <input type="checkbox"/>	FECHA:
HORA DE INICIO			HORA FINAL					
PERIODO:	← HACIA LA IZQUIERDA			→ HACIA LA DERECHA				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES 2 EJES		
								

Figura 1. Formato de giros de tráfico por cada intersección calle Bolívar.

### 3.4.3. Formato conteo volumétrico




CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO							
INTERSECCIÓN			ENCUESTADOR				
ESTACIÓN N°			SENTIDO	N-S <input type="checkbox"/>	S-N <input type="checkbox"/>	E-W <input type="checkbox"/>	W-E <input type="checkbox"/>
HORA DE INICIO			FECHA:				
PERIODO:	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES 2 EJES	Motos	Bicicletas		
							

Figura 2. Formato de conteo volumétrico de tráfico por cada intersección calle Bolívar.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1 Resultados básicos

"Diagnosticar la situación actual del sector centro de la ciudad de Tulcán por la calle Bolívar". Se realizó encuestas de giros de tráfico, conteo volumétrico vehicular y peatonal por la calle Bolívar.



Figura 3. Intersecciones que no intervienen o aportan al flujo neto.

Las intersecciones Riobamba y José Castillo que forman parte de la calle Bolívar presentan un comportamiento que no genera un efecto directo en la congestión, esto quiere decir que en el lapso de 15 minutos que se realizó el conteo de tráfico, ningún vehículo (liviano, camión, motocicleta, bicicletas) circuló en las intersecciones para ingresar o salir de la vía principal. Las razones de que no se utilicen estas calles, es porque la vía es muy estrecha, poco accesible para los distintos vehículos que transitan por la zona.

Para el caso del transporte público (buses) se realizó el estudio en cada intersección en un periodo de tiempo de 15 minutos en cada una, pero este modo no tuvo participación. La única intersección donde transitan los buses es en la calle Boyacá, pero es solo como medio de cruce de vía y no aporta al flujo de la calle Bolívar.

#### 4.1.2 Indicadores

- **Velocidad promedio de viaje**

**Datos**

**S** = Velocidad promedio

**L** = Longitud del segmento de 1,2 km de la calle Bolívar

Tabla 3. Muestra de varios vehículos y el tiempo que tarda en recorrer la calle Bolívar.

VEHICULOS	TIEMPO (MIN)	VEHICULOS	TIEMPO (MIN)
A	4:56	K	6:20
B	6:14	L	5:50
C	5:20	M	5:20
D	5:16	N	5:30
E	6:28	O	6:10
F	6:30	P	6:12
G	5:16	Q	6:18
H	5:00	R	5:30
I	6:00	S	5:48
J	5:40	T	5:55
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>		<b>5:40</b>	<b>MINUTOS</b>
<b>TIEMPO PROMEDIO</b>		<b>0,09</b>	<b>HORAS</b>

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Para el cálculo del tiempo promedio se tomó una muestra de varios vehículos y se determinó el tiempo que tardan en recorrer el arco total de la calle Bolívar, de esa manera se sacó un tiempo promedio en horas.

A un usuario de un vehículo sea público o particular le toma recorrer la calle Bolívar desde el parque Ayora hasta la Unión de las Dos Calles, un tiempo promedio de 5 minutos en diferentes momentos dentro de una hora pico.

$t_a = 0,09$  horas (Tiempo promedio de viaje en el segmento en horas)

**Solución:**

$$S = \frac{L}{t_a}$$

$$S = \frac{1.2}{0.09}$$

$$S = 13,33 \text{ km/h}$$

Los 13,33 km/h representan la velocidad promedio de circulación por la calle Bolívar en una hora de mayor flujo vehicular u hora pico del día.

- **Tiempo de espera máximo promedio**

Se diagnosticó el tiempo máximo de espera en el arco total para una muestra de 20 vehículos en una hora pico del día. Se clasificaron los vehículos que tardaron más tiempo en recorrer el arco con 9 casos en un tiempo promedio de 6 minutos con 16 segundos y los vehículos que tardaron menos tiempo en recorrer el mismo arco con 12 casos en un tiempo promedio de 5 minutos y 26 segundos, esto quiere decir que el tiempo de espera máximo promedio es de 49 segundos en el arco de la calle Bolívar en cualquier punto.

En una hora de menor congestión vehicular y con el mismo número de veces se determinó que el tiempo de espera máximo fue de 15 segundos en la calle Bolívar.

- **Factor hora pico**

**FHP** = Factor hora pico

Tabla 4. Conteo de tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas.

FECHA	HORA DE INICIO	DÍA	LIVIANO	BUS	CAMION (2 EJES)	MOTOCICLETA	BICICLETA	TOTAL	TOTAL -HORA
13/5/2019	16:00 a 18:00	Lunes	750	36	7	20	23	836	418
14/5/2019	18:00 a 20:00	Martes	952	37	15	38	30	1072	536
22/5/2019	18:00 a 20:00	Miércoles	320	32	5	20	25	402	201
30/5/2019	16:00 a 18:00	Jueves	770	30	5	15	18	838	419
24/5/2019	11:00 a 13:00	Viernes	947	34	5	20	21	1027	514
18/5/2019	16:00 a 18:00	Sábado	300	35	3	18	19	375	188
16/5/2019	18:00 a 20:00	Domingo	938	32	4	28	22	1014	507
<b>TOTAL</b>			4977	236	44	149	158	5564	397

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Para el cálculo de los vehículos por hora máxima demandada se tomó los datos del conteo volumétrico para cada tipo de vehículo y se sumó el número de veces que participaron en un día por semana. Como el conteo se realizó en un lapso de 2 horas es necesario dividir para 2 y obtener un valor por hora para establecer  $N = 1$  (1 periodo por hora) y finalmente se calculó un promedio de los datos.

**VHMD** = Vehículos por hora máxima demandada (397 vehículos/hora)

Tabla 5. Conteo de tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas.

FECHA	HORA DE INICIO	DÍA	LIVIANO	BUS	CAMION (2 EJES)	MOTOCICLETA	BICICLETA	TOTAL	TOTAL-HORA
3/5/2019	16:00 a 18:00	Lunes	750	36	7	20	23	836	418
14/5/2019	18:00 a 20:00	Martes	952	37	15	38	30	1072	536
22/5/2019	18:00 a 20:00	Miércoles	320	32	5	20	25	402	201
30/5/2019	16:00 a 18:00	Jueves	770	30	5	15	18	838	419
24/5/2019	11:00 a 13:00	Viernes	947	34	5	20	21	1027	514
18/5/2019	16:00 a 18:00	Sábado	300	35	3	18	19	375	188
16/5/2019	18:00 a 20:00	Domingo	938	32	4	28	22	1014	507
<b>TOTAL</b>			4977	236	44	149	158	5564	397

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

El flujo máximo  $q_{max}$ , se presenta en un período dado dentro de una hora donde la demanda es máxima en el arco.

$q_{max}$  = flujo máximo (536 vehículos por hora)

$N$  = periodo de análisis de una hora (1 hora)

**Solución:**

$$FHP = \frac{VHMD}{q(max) * N}$$

$$FHP = \frac{397}{536 * 1}$$

$$FHP = 0.74$$

El 0.74 representa el porcentaje ocupacional percibido en el arco, esto significa que un 74% de la calle Bolívar se encuentra ocupada por todos los vehículos (livianos, camiones doble eje, bus, motocicletas, bicicletas) en la hora pico.



Figura 4. Congestión vehicular arco origen parque Ayora y destino unión de las dos calles.

- **Densidad esperada en hora pico**

$$I = 536 \text{ vehículos/hora}$$

Es el número de vehículos que ocupan una sección determinada en un momento dado. Este dato se obtiene de la tabla 5.

“El límite máximo de velocidad para vehículos livianos, motocicletas y similares en sector urbano es de 50 km/h y el rango moderado es de 50 a 60 Km/h” (Tránsito, 2011, p. 1). La evaluación se hizo de forma experimental y se observó en varios vehículos de prueba una velocidad promedio de 13,33 km/h.

$S$  = Velocidad promedio de viaje 13,33km/h

$D$  = Densidad

**Solución:**

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

$$D = \frac{536}{13.33}$$

$$D = 40 \text{ vehículos/km}$$

$$\frac{41 \text{ vehiculos}}{X=?\text{vehiculos}} \times \frac{1 \text{ kilómetro}}{1,2 \text{ kilómetros}}$$

$$X = (40 \text{ vehículos} * 1,2 \text{ kilómetros}) / 1 \text{ kilómetro}$$

$$X = 48 \text{ vehiculos}$$

Hay 41 vehículos en promedio por kilómetro en un periodo de tiempo de una hora en el arco total en hora pico, lo que equivale a 48 vehículos en 1,2 km que es la longitud del arco total.

- **Densidad esperada sin hora pico**

Tabla 6. Conteo sin tráfico de cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas.

FECHA	HORA DE INICIO	DÍA	LIVIANO	BUS	CAMION (2 EJES)	MOTOCICLETA	BICICLETA	TOTAL	TOTAL-HORA
23/7/2019	15:00 a 17:00	Lunes	467	36	1	20	25	549	275
24/7/2019	9:00 a 11:00	Martes	480	37	2	12	24	555	278
25/7/2019	15:00 a 17:00	Miércoles	414	33	7	20	25	499	250
26/7/2019	9:00 a 11:00	Jueves	410	34	2	10	15	471	236
27/7/2019	9:00 a 11:00	Viernes	416	33	1	12	29	491	246
28/7/2019	15:00 a 17:00	Sábado	476	34	2	16	24	552	276
29/7/2019	9:00 a 11:00	Domingo	499	33	1	24	16	573	287
<b>TOTAL</b>			3162	240	16	114	158	1104	264

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

$$I = 287 \text{ vehículos/hora.}$$

Es el número de vehículos que ocupan una sección determinada en un momento dado.

La velocidad promedio en hora pico es de 13,33 km/h y con la misma evaluación experimental que se usó para encontrar la velocidad promedio en hora pico se observó un incremento del 50% a la velocidad en un horario de menor flujo.

$$S = \text{Velocidad promedio de viaje (19,77 km/h)}$$

$$D = \text{Densidad}$$

**Solución:**

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

$$D = \frac{287}{19.77}$$

$$D = 14 \text{ vehículos/km}$$

$$\frac{14 \text{ vehiculos}}{X=?\text{vehiculos}} \times \frac{1 \text{ kilómetro}}{1,2 \text{ kilómetro}}$$



$$X = (14 \text{ vehículos} * 1,2 \text{ kilómetros}) / 1 \text{ kilómetro}$$

$$X = 16 \text{ vehículos}$$

Hay 14 vehículos en promedio por kilómetro en un periodo de tiempo de una hora en el arco total sin congestión vehicular, lo que equivale a 16 vehículos en 1,2 km que es la longitud del arco total.

- **Porcentaje de participación modal con o sin tráfico**

Tabla 7. Conteo con y sin tráfico para cada tipo de vehículo en el lapso de dos horas.

PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN MODAL CON TRÁFICO			PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN MODAL SIN TRÁFICO		
<b>LIVIANOS</b>	1320	50,54%	<b>LIVIANOS</b>	947	44,95%
<b>BICICLETAS</b>	336	12,86%	<b>BICICLETAS</b>	303	14,38%
<b>CAMIONES D. EJE</b>	334	12,79%	<b>MOTOCICLETAS</b>	296	14,05%
<b>MOTOCICLETAS</b>	332	12,71%	<b>CAMIONES D. EJE</b>	293	13,91%
<b>BUSES</b>	236	9,04%	<b>BUSES</b>	240	11,39%
<b>VEH.COLOMBIANOS</b>	54	2,07%	<b>VEH.COLOMBIANOS</b>	28	1,33%
<b>TOTAL</b>	2612	100%	<b>TOTAL</b>	2107	100%

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

El cálculo para determinar el porcentaje de participación modal en un horario pico se realiza sumando el total de cada tipo de vehículo en la semana que participaron en cada intersección en un periodo de tiempo de 15 minutos durante una semana. El periodo de tiempo de mayor afluencia de vehículos fue en horario de 12h00 a 14h00. El resultado indicó que los vehículos livianos representan el 50,54%, las bicicletas 12,86%, los camiones doble eje 12,79%, motocicletas 12,71%, buses 9,04% y vehículos colombianos 2,07%. El tipo de transporte más usado en este horario fue el vehículo liviano, seguido por la bicicleta. Esto, debido a la facilidad de movilización y rapidez para cruzar la céntrica de la ciudad y retornar a los hogares, zona de comercio y trabajo. Se puede ver que los vehículos colombianos no tienen un porcentaje de participación descartando su aporte al flujo de la calle Bolívar.

De igual manera se hizo el cálculo de la partición modal con una mínima congestión vehicular. Los resultados obtenidos en la semana que participaron en cada intersección, cada 15 minutos por cada intersección fueron los siguientes:

El periodo de tiempo de mayor afluencia de vehículos fue en horario de 09h00 a 11h00 con una participación de vehículos livianos del 44,95%, buses 11,39%, camiones doble eje 13,91%, motocicletas 14,05%, bicicletas 14,38% y vehículos colombianos 1,33%. Los camiones doble eje en este horario tiene un porcentaje similar de participación por motivos de distribución de mercancías en la calle Bolívar. Los vehículos livianos, bicicletas y motocicletas siguen siendo los transportes cotidianos con mayor porcentaje de participación por esta vía.

- **Tiempo de circulación por arco con y sin tráfico**

Se determinaron en el arco total los resultados finales mediante la medición de tiempo de algunos vehículos en hora pico del día. Se tomó una muestra de 20 vehículos circulando en el arco registrándose una velocidad promedio de 13,18 km/h. Se midieron los tiempos de circulación del origen al destino en el arco para los 20 vehículos obteniéndose un tiempo promedio de circulación de 5 minutos con 40 segundos de acuerdo a los datos de la tabla 3.

En una hora de menor congestión vehicular y con el mismo número vehículos, pero con un incremento de la velocidad promedio hasta 19,77 km/h, se determinó un tiempo promedio circulación del arco de 3 minutos con 35 segundos.

- **Número de semáforos en la calle Bolívar**



*Figura 5.* Semáforo ubicado en la intersección Bolívar y Boyacá (Google Maps, 2020)

En la figura 5, se muestra el único semáforo ubicado en la intersección Bolívar y Boyacá. La implementación de este semáforo brinda seguridad a los peatones que transitan por las zonas comerciales y también aporta al paso seguro de vehículos que se incorporan a la calle Bolívar



la ciudad), mientras que el lado derecho de la vereda presenta las mismas medidas con un ligero cambio en las paradas con 1,10 metros de ancho en cada una.

- **Área del arco vehicular**

La longitud de la vía del arco total es de 1,2 Km con un ancho de la vía es de 5,8 metros y solo para uso vehicular de 2,5 metros. Se debe tomar en cuenta que en cada parada del bus público se adiciona un espacio adicional de 1,2 metros para que los conductores de los buses puedan estacionar las unidades por un periodo de tiempo corto para dejar o recoger pasajeros. Estas dimensiones de la vía hacen que solo pueda circular un vehículo en cada instante de tiempo. Tomando los datos del indicador de la densidad de espera se puede determinar el porcentaje de área ocupada en el arco. En promedio, un vehículo liviano mide 4,39 metros, un bus mide 10,8 metros, un camión doble eje 4,9 metros y el espacio que se debe tomar entre vehículos es de 1,8 a 2 metros. Una cuadra en la calle Bolívar mide entre 90 hasta 100 metros dependiendo del sitio. La longitud de la calle Bolívar es de 1200 metros.

$$\frac{49 \text{ vehiculos}}{X=?vehiculos} \times \frac{1200 \text{ metros}}{100 \text{ metros}}$$

$$X = (48 \text{ vehículos} * 100 \text{ metros}) / 1200 \text{ metros}$$

$$X = 4 \text{ vehículos}$$

En un arco formado por dos intersecciones (cuadra) hay 4 vehículos (uno de cada tipo de vehículo). Tomando los resultados del indicador de participación modal hay más vehículos livianos por tal razón se coloca dos veces el mismo tipo de vehículo en la operación.

Longitud por vehículo = vehículo liviano + vehículo liviano + camión doble eje + bus público + distancia entre vehículos.

$$\text{Longitud ocupada en el arco} = 4,39 \text{ metros} + 4,39 \text{ metros} + 4,9 \text{ metros} + 10,8 \text{ metros} + 6 \text{ metros}$$

$$\text{Longitud ocupada en el arco} = 30,48 \text{ metros}$$

Esto representa un 30,48% de área ocupada en el arco en hora pico considerando que la distancia entre cuadras de la calle Bolívar mide 100 metros. Comparando con el factor de hora pico que es de 74 % los porcentajes no son iguales porque la evaluación de área ocupada es dentro de una cuadra donde no se evidencia congestión sin embargo el factor de hora pico es una medida de la percepción de la congestión en toda la vía incluyendo la congestión por intersección donde

se encuentran las paradas de bus. De esta manera se puede observar la importancia del análisis de los flujos generados desde las intersecciones a través de conteos de giros de tráfico, que, de acuerdo a los resultados representan el 43,52 % (74% - 30,48%) del flujo neto en la calle Bolívar en un punto específico del arco y en el periodo de análisis.



Figura 7. Flujo vehicular regular en la calle Bolívar.

#### 4.1.3 Tabulación de conteo giros y volumétrico del tráfico

Los foros para el conteo volumétrico y giros de tráfico fueron las herramientas apropiadas para determinar la situación de la calle Bolívar en determinados horarios como horas de mayor y menor flujo vehicular. Se presenta los resultados que se obtuvo al aplicar los aforos en una semana por cada uno de los tipos de vehículos que transitan en la calle principal.

Tabla 8. Tabulación conteo de giros de tráfico con vehículos livianos

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
12:15 a 12:30	ENTRAN	Atahualpa	11	12	11	13	16	14	17	94	13,43
12:15 a 12:30	SALEN	Roberto Sierra	8	9	8	8	9	6	10	58	8,29
12:15 a 12:30	SALEN	García Moreno	7	9	9	9	8	6	9	57	8,14
12:15 a 12:30	ENTRAN	Boyacá	8	8	8	8	9	9	8	58	8,29
12:15 a 12:30	SALEN	Boyacá	11	15	15	15	11	12	13	92	13,14
12:15 a 12:30	ENTRAN	Junín	8	10	7	8	8	4	6	51	7,29
12:15 a 12:30	SALEN	Junín	12	12	12	12	12	14	12	86	12,29
12:15 a 12:30	ENTRAN	Ayacucho	8	12	8	7	6	8	8	57	8,14
12:40 a 12:55	SALEN	Ayacucho	8	8	7	8	8	4	9	52	7,43
12:40 a 12:55	ENTRAN	10 de Agosto	9	9	9	9	9	9	10	64	9,14
12:40 a 12:55	SALEN	10 de Agosto	16	14	12	14	15	16	13	100	14,29
12:40 a 12:55	ENTRAN	Pichincha	7	8	7	7	8	7	8	52	7,43
12:40 a 12:55	SALEN	Pichincha	8	7	8	8	8	9	10	58	8,29
12:40 a 12:55	ENTRAN	Vicente Rocafructe	9	5	8	8	5	8	8	51	7,29



12:40 a 12:55	SALEN	Vicente Rocafuerte	11	10	11	10	11	11	11	75	10,71
13:30 a 13:45	ENTRAN	9 de Octubre	7	7	9	8	7	9	10	57	8,14
13:30 a 13:45	SALEN	9 de Octubre	10	11	10	11	10	11	10	73	10,43
13:30 a 13:45	ENTRAN	Tarqui	8	8	8	7	8	12	8	59	8,43
13:30 a 13:45	SALEN	Tarqui	12	7	9	8	9	9	10	64	9,14
13:30 a 13:45	SALEN	Quito	11	5	7	9	9	11	10	62	8,86
	<b>TOTAL</b>		189	186	183	187	186	189	200	1320	9,43

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

El conteo de giros de tráfico permite determinar la situación actual de la calle Bolívar. En el análisis se usó una relación de los vehículos livianos (públicos y privados) que ingresan o salen por cada intersección a la Calle Bolívar en un lapso de 15 minutos.

Este tipo de transporte tiene un promedio de participación de 9 vehículos cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal en el mismo horario considerado como hora pico.

Los motivos por los que las personas usan esta calle son muchos como: recoger a un pasajero, dejar o recoger carga liviana como paquetes, acceder a la zona comercial, hogares, entre otras. La calle Atahualpa es usada con mayor frecuencia por los usuarios que se incorporan a la calle Bolívar con un promedio de 13 vehículos, mientras la calle con mayor uso para salida de vehículos de la vía principal es la 10 de agosto con un promedio de 14 vehículos.

Tabla 9. Tabulación conteo de giros de tráfico con camiones dos ejes

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
12:15 a 12:30	ENTRAN	Atahualpa	3	4	3	3	2	1	1	17	2,43
12:15 a 12:30	SALEN	Roberto Sierra	2	1	1	2	1	2	2	11	1,57
12:15 a 12:30	SALEN	García Moreno	1	4	3	3	2	3	3	19	2,71
12:15 a 12:30	ENTRAN	Boyacá	1	1	1	1	4	3	5	16	2,29
12:15 a 12:30	SALEN	Boyacá	2	2	2	2	2	1	2	13	1,86
12:15 a 12:30	ENTRAN	Junín	1	2	3	2	1	1	2	12	1,71
12:15 a 12:30	SALEN	Junín	1	2	4	3	1	1	2	14	2,00
12:15 a 12:30	ENTRAN	Ayacucho	4	3	2	5	4	4	4	26	3,71
12:40 a 12:55	SALEN	Ayacucho	2	2	3	2	2	3	2	16	2,29
12:40 a 12:55	ENTRAN	10 de Agosto	1	3	3	3	1	1	3	15	2,14
12:40 a 12:55	SALEN	10 de Agosto	4	1	1	1	4	4	4	19	2,71
12:40 a 12:55	ENTRAN	Pichincha	3	3	2	3	3	3	1	18	2,57
12:40 a 12:55	SALEN	Pichincha	1	2	2	2	1	1	1	10	1,43
12:40 a 12:55	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	1	3	3	3	3	3	3	19	2,71
12:40 a 12:55	SALEN	Vicente Rocafuerte	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
13:30 a 13:45	ENTRAN	9 de Octubre	3	2	1	1	3	3	3	16	2,29
13:30 a 13:45	SALEN	9 de Octubre	4	2	2	3	5	5	4	25	3,57
13:30 a 13:45	ENTRAN	Tarqui	3	4	3	3	4	3	3	23	3,29

13:30 a 13:45	SALEN	Tarqui	1	1	2	4	2	1	1	12	1,71
13:30 a 13:45	SALEN	Quito	4	4	2	3	1	2	3	19	2,71
	<b>TOTAL</b>		44	48	45	51	48	47	51	334	2,39

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

El análisis parte con relación a los camiones de dos ejes (camión de carga liviana) que ingresan y salen por cada intersección a la Calle Bolívar en un lapso de 15 minutos. Las razones de su ingreso a la calle Bolívar son para dejar o recoger mercancías de bajo tonelaje para los diferentes negocios comerciales, salir de la zona céntrica de la ciudad y tomar otra vía con una circulación vehicular rápida. La intervención en la congestión vehicular es menor si el camión no hace una parada en la vía para realizar una de las actividades mencionadas. Los usuarios que operan estos camiones usan la calle Ayacucho para ingresar a la vía principal con un promedio de 3 vehículos por día y la calle que usan para salir de la calle Bolívar es la 9 de octubre con un promedio de 3 vehículos cada 15 minutos para cada día.

Tabla 10. Tabulación conteo de giros de tráfico con motocicletas

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
12:15 a 12:30	ENTRAN	Atahualpa	4	2	4	3	5	4	3	25	3,57
12:15 a 12:30	SALEN	Roberto Sierra	3	1	4	1	1	2	2	14	2,00
12:15 a 12:30	SALEN	García Moreno	2	3	4	4	2	3	1	19	2,71
12:15 a 12:30	ENTRAN	Boyacá	1	1	2	2	4	1	3	14	2,00
12:15 a 12:30	SALEN	Boyacá	4	1	3	3	3	4	3	21	3,00
12:15 a 12:30	ENTRAN	Junín	3	3	1	3	3	1	2	16	2,29
12:15 a 12:30	SALEN	Junín	1	4	4	4	2	3	2	20	2,86
12:15 a 12:30	ENTRAN	Ayacucho	4	4	1	4	4	4	2	23	3,29
12:40 a 12:55	SALEN	Ayacucho	2	2	2	2	2	2	1	13	1,86
12:40 a 12:55	ENTRAN	10 de Agosto	4	2	2	2	2	2	2	16	2,29
12:40 a 12:55	SALEN	10 de Agosto	1	1	1	1	1	1	3	9	1,29
12:40 a 12:55	ENTRAN	Pichincha	3	1	3	3	3	3	3	19	2,71
12:40 a 12:55	SALEN	Pichincha	2	1	1	1	2	2	2	11	1,57
12:40 a 12:55	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	1	2	2	1	1	3	2	12	1,71
12:40 a 12:55	SALEN	Vicente Rocafuerte	3	2	2	2	4	2	3	18	2,57
13:30 a 13:45	ENTRAN	9 de Octubre	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
13:30 a 13:45	SALEN	9 de Octubre	3	3	2	3	3	2	4	20	2,86
13:30 a 13:45	ENTRAN	Tarqui	3	3	2	2	3	1	3	17	2,43
13:30 a 13:45	SALEN	Tarqui	2	3	2	1	1	3	2	14	2,00
13:30 a 13:45	SALEN	Quito	2	3	4	3	1	2	2	17	2,43
	<b>TOTAL</b>		50	44	48	47	49	47	47	332	2,37

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

En un lapso de 15 minutos en un horario considerado como hora pico, las motocicletas tienen un promedio de participación de 2 cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal. Por lo general, usan la vía para dirigirse a sus hogares, por trabajo cumpliendo con la labor de recoger o dejar pedidos de algunas empresas de mensajería, comida rápida y encomiendas.

Tabla 11. Tabulación conteo de giros de tráfico con bicicletas

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
12:15 a 12:30	ENTRAN	Atahualpa	5	3	3	2	4	3	4	24	3,43
12:15 a 12:30	SALEN	Roberto Sierra	2	3	2	2	2	1	2	14	2,00
12:15 a 12:30	SALEN	García Moreno	2	3	2	1	1	2	1	12	1,71
12:15 a 12:30	ENTRAN	Boyacá	2	1	2	3	2	3	2	15	2,14
12:15 a 12:30	SALEN	Boyacá	2	2	1	2	3	1	3	14	2,00
12:15 a 12:30	ENTRAN	Junín	4	3	3	3	4	4	4	25	3,57
12:15 a 12:30	SALEN	Junín	1	2	2	2	1	4	1	13	1,86
12:15 a 12:30	ENTRAN	Ayacucho	4	3	2	3	4	4	4	24	3,43
12:40 a 12:55	SALEN	Ayacucho	1	3	4	4	1	1	1	15	2,14
12:40 a 12:55	ENTRAN	10 de Agosto	4	1	3	1	4	4	4	21	3,00
12:40 a 12:55	SALEN	10 de Agosto	1	1	1	2	2	1	2	10	1,43
12:40 a 12:55	ENTRAN	Pichincha	1	2	1	2	2	2	2	12	1,71
12:40 a 12:55	SALEN	Pichincha	3	2	3	1	3	4	3	19	2,71
12:40 a 12:55	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	1	1	3	1	1	1	1	9	1,29
12:40 a 12:55	SALEN	Vicente Rocafuerte	3	2	2	5	3	3	3	21	3,00
13:30 a 13:45	ENTRAN	9 de Octubre	2	1	3	4	1	2	4	17	2,43
13:30 a 13:45	SALEN	9 de Octubre	3	2	1	3	3	1	3	16	2,29
13:30 a 13:45	ENTRAN	Tarqui	2	3	2	2	1	4	1	15	2,14
13:30 a 13:45	SALEN	Tarqui	4	2	2	4	2	2	2	18	2,57
13:30 a 13:45	SALEN	Quito	3	3	3	4	3	3	3	22	3,14
	<b>TOTAL</b>		50	43	45	51	47	50	50	336	2,40

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

En un periodo de análisis similar de 15 minutos, este tipo de transporte tiene un promedio de participación de 2 bicicletas cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal. Sus razones de uso son similares a las de las motocicletas, además de motivos ambientales y de actividad física y recreativa.



Tabla 12. Tabulación conteo de giros sin tráfico con vehículos livianos

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
09:00 a 09:15	ENTRAN	Atahualpa	11	9	10	13	10	11	9	73	10,43
09:00 a 09:15	SALEN	Roberto Sierra	5	6	6	7	6	8	8	46	6,57
09:00 a 09:15	SALEN	García Moreno	6	6	5	8	5	4	8	42	6,00
09:00 a 09:15	ENTRAN	Boyacá	5	4	4	5	4	5	4	31	4,43
09:25 a 09:40	SALEN	Boyacá	9	8	8	11	8	8	8	60	8,57
09:25 a 09:40	ENTRAN	Junín	8	7	7	6	7	7	7	49	7,00
09:25 a 09:40	SALEN	Junín	12	11	12	10	13	12	13	83	11,86
09:25 a 09:40	ENTRAN	Ayacucho	7	6	6	5	6	6	6	42	6,00
09:50 a 10:05	SALEN	Ayacucho	8	8	8	9	8	8	8	57	8,14
09:50 a 10:05	ENTRAN	10 de Agosto	6	3	6	4	7	4	3	33	4,71
09:50 a 10:05	SALEN	10 de Agosto	8	9	9	10	9	8	9	62	8,86
09:50 a 10:05	ENTRAN	Pichincha	5	5	6	3	6	4	5	34	4,86
10:15 a 10:30	SALEN	Pichincha	7	6	6	5	6	5	6	41	5,86
10:15 a 10:30	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	5	7	7	3	7	8	7	44	6,29
10:15 a 10:30	SALEN	Vicente Rocafuerte	5	8	5	9	5	6	6	44	6,29
10:15 a 10:30	ENTRAN	9 de Octubre	4	4	5	3	4	4	5	29	4,14
10:40 a 10:55	SALEN	9 de Octubre	10	9	9	11	9	8	9	65	9,29
10:40 a 10:55	ENTRAN	Tarqui	4	3	4	5	4	5	4	29	4,14
10:40 a 10:55	SALEN	Tarqui	4	8	6	6	5	5	5	39	5,57
10:40 a 10:55	SALEN	Quito	5	7	7	4	6	7	8	44	6,29
	<b>TOTAL</b>		134	134	136	137	135	133	138	947	6,76

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Los vehículos livianos tienen un promedio de participación de 6 vehículos cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal. Se observa una menor circulación de este modo en un horario de 09h00 a 11h00. La calle Atahualpa es la preferida por los usuarios para incorporarse a la calle Bolívar con un promedio de 10 vehículos cada 15 minutos para cada día mientras que para salir usan la intersección Junín. Las diferentes decisiones tomadas por los usuarios de este tipo de vehículo dependen de las necesidades que tiene cada uno y como desea cumplirlas al transitar por esta vía de un solo sentido.

Tabla 13. Tabulación conteo de giros sin tráfico con camiones dos ejes

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
09:00 a 09:15	ENTRAN	Atahualpa	2	1	2	2	1	2	2	12	1,71
09:00 a 09:15	SALEN	Roberto Sierra	1	2	1	2	2	1	1	10	1,43
09:00 a 09:15	SALEN	García Moreno	3	3	3	3	3	3	3	21	3,00
09:00 a 09:15	ENTRAN	Boyacá	2	1	2	1	1	2	3	12	1,71
09:25 a 09:40	SALEN	Boyacá	1	3	2	2	3	4	3	18	2,57

09:25 a 09:40	ENTRAN	Junín	3	2	1	2	2	4	1	15	2,14
09:25 a 09:40	SALEN	Junín	1	3	1	3	3	3	1	15	2,14
09:25 a 09:40	ENTRAN	Ayacucho	2	3	2	1	3	2	3	16	2,29
09:50 a 10:05	SALEN	Ayacucho	2	3	3	2	3	3	2	18	2,57
09:50 a 10:05	ENTRAN	10 de Agosto	2	2	1	3	2	1	3	14	2,00
09:50 a 10:05	SALEN	10 de Agosto	2	1	2	1	1	1	1	9	1,29
09:50 a 10:05	ENTRAN	Pichincha	3	1	1	3	1	2	2	13	1,86
10:15 a 10:30	SALEN	Pichincha	4	1	2	2	1	1	1	12	1,71
10:15 a 10:30	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	1	1	2	3	1	2	1	11	1,57
10:15 a 10:30	SALEN	Vicente Rocafuerte	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
10:15 a 10:30	ENTRAN	9 de Octubre	1	1	1	1	1	2	2	9	1,29
10:40 a 10:55	SALEN	9 de Octubre	4	3	3	3	3	2	4	22	3,14
10:40 a 10:55	ENTRAN	Tarqui	1	3	2	3	3	3	3	18	2,57
10:40 a 10:55	SALEN	Tarqui	2	4	3	1	4	3	2	19	2,71
10:40 a 10:55	SALEN	Quito	3	2	2	1	2	2	3	15	2,14
	<b>TOTAL</b>		42	42	38	41	42	45	43	293	2,09

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Los usuarios que operan estos camiones usan la calle Ayacucho para ingresar a la vía principal con un promedio de 2 vehículos cada 15 minutos para cada día en un horario de menor circulación de vehículos. La calle que usan con mayor frecuencia para salir del flujo vehicular en la calle Bolívar es la García Moreno con un promedio de 3 vehículos cada 15 minutos para cada día y para entrar a la misma calle usan la 9 de octubre. Las razones de su ingreso a la calle Bolívar es para dejar o recoger mercancías de bajo tonelaje para los diferentes negocios comerciales, salir de la zona céntrica de la ciudad y tomar otra vía con una circulación vehicular rápida.

Tabla 14. Tabulación conteo de giros sin tráfico con motocicletas

HORA DE INICIO	INGRESO-SALIDA VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
12:15 a 12:30	ENTRAN	Atahualpa	2	1	4	4	3	2	3	19	2,71
12:15 a 12:30	SALEN	Roberto Sierra	2	2	2	3	2	2	3	16	2,29
12:15 a 12:30	SALEN	García Moreno	2	1	2	1	3	2	2	13	1,86
12:15 a 12:30	ENTRAN	Boyacá	3	2	1	1	2	3	1	13	1,86
12:15 a 12:30	SALEN	Boyacá	3	3	1	3	3	3	3	19	2,71
12:15 a 12:30	ENTRAN	Junín	4	1	4	4	4	3	3	23	3,29
12:15 a 12:30	SALEN	Junín	1	1	1	2	1	2	1	9	1,29
12:15 a 12:30	ENTRAN	Ayacucho	1	1	2	2	1	2	2	11	1,57
12:40 a 12:55	SALEN	Ayacucho	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
12:40 a 12:55	ENTRAN	10 de Agosto	1	2	2	4	2	2	2	15	2,14
12:40 a 12:55	SALEN	10 de Agosto	1	1	2	1	1	3	3	12	1,71
12:40 a 12:55	ENTRAN	Pichincha	1	3	4	3	3	3	3	20	2,86
12:40 a 12:55	SALEN	Pichincha	2	1	2	2	2	2	2	13	1,86

12:40 a 12:55	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	2	2	2	1	2	1	3	13	1,86
12:40 a 12:55	SALEN	Vicente Rocafuerte	3	2	2	2	2	1	2	14	2,00
13:30 a 13:45	ENTRAN	9 de Octubre	3	2	2	2	2	2	3	16	2,29
13:30 a 13:45	SALEN	9 de Octubre	2	1	1	3	3	1	2	13	1,86
13:30 a 13:45	ENTRAN	Tarqui	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
13:30 a 13:45	SALEN	Tarqui	2	3	2	1	3	2	2	15	2,14
13:30 a 13:45	SALEN	Quito	3	1	4	1	2	2	1	14	2,00
	<b>TOTAL</b>		42	34	44	44	45	42	45	296	2,11

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Este tipo de transporte tiene un promedio de participación de 2 motocicletas cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal en un horario con menor circulación de vehículos. Por lo general usan la vía para dirigirse a sus hogares, por trabajo cumpliendo con la labor de recoger o dejar pedidos de algunas empresas de mensajería, comida rápida y encomiendas.

Tabla 15. Tabulación conteo de giros sin tráfico con bicicletas

HORA DE INICIO	INGRESO SALIDA – VEHÍCULO	INTERSECCIÓN	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
			LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
09:00 a 09:15	ENTRAN	Atahualpa	3	2	3	4	2	3	2	19	2,71
09:00 a 09:15	SALEN	Roberto Sierra	2	1	3	3	1	2	1	13	1,86
09:00 a 09:15	SALEN	García Moreno	3	1	2	3	1	2	2	14	2,00
09:00 a 09:15	ENTRAN	Boyacá	3	3	3	2	3	4	3	21	3,00
09:25 a 09:40	SALEN	Boyacá	2	2	2	1	2	2	2	13	1,86
09:25 a 09:40	ENTRAN	Junín	1	1	1	2	1	3	3	12	1,71
09:25 a 09:40	SALEN	Junín	1	1	2	2	1	2	3	12	1,71
09:25 a 09:40	ENTRAN	Ayacucho	1	1	2	3	1	2	2	12	1,71
09:50 a 10:05	SALEN	Ayacucho	3	3	3	2	3	3	3	20	2,86
09:50 a 10:05	ENTRAN	10 de Agosto	3	4	4	1	4	3	1	20	2,86
09:50 a 10:05	SALEN	10 de Agosto	2	2	1	2	2	2	1	12	1,71
09:50 a 10:05	ENTRAN	Pichincha	3	3	3	3	3	2	3	20	2,86
10:15 a 10:30	SALEN	Pichincha	2	1	1	1	1	1	2	9	1,29
10:15 a 10:30	ENTRAN	Vicente Rocafuerte	3	3	2	1	3	2	3	17	2,43
10:15 a 10:30	SALEN	Vicente Rocafuerte	2	2	2	2	2	2	2	14	2,00
10:15 a 10:30	ENTRAN	9 de Octubre	3	1	2	2	1	4	2	15	2,14
10:40 a 10:55	SALEN	9 de Octubre	3	3	3	3	3	3	3	21	3,00
10:40 a 10:55	ENTRAN	Tarqui	2	1	3	2	1	1	1	11	1,57
10:40 a 10:55	SALEN	Tarqui	2	1	2	1	1	2	2	11	1,57
10:40 a 10:55	SALEN	Quito	3	2	3	1	2	3	3	17	2,43
	<b>TOTAL</b>		47	38	47	41	38	48	44	303	2,16

Fuente: Encuestas de conteo de tráfico (2019)

Este tipo de transporte tiene un promedio de participación de 2 motocicletas cada 15 minutos para cada día en las intersecciones presentes en la calle principal.

Los usuarios de bicicletas usan la vía para dirigirse a sus hogares, por trabajo cumpliendo con la labor de recoger o dejar pedidos de algunas empresas de mensajería, comida rápida y encomiendas, estudiantes que se dirigen a las instituciones de tercer nivel y para realizar actividad física.

Tabla 16. Tabulación conteo de flujo peatonal en hora pico

ARCOS	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
ORIGEN-ATAHUALPA	40	27	31	26	13	23	32	192	27
ATAHUALPA-ROBERTO SIERRA	22	16	18	13	17	8	8	102	15
ROBERTO SIERRA-GARCÍA MORENO	9	10	12	17	9	13	11	81	12
GARCÍA MORENO-BOYACÁ	16	11	15	14	17	19	19	111	16
BOYACÁ-JUNIN	5	11	12	13	12	15	17	85	12
JUNÍN-AYACUCHO	11	12	4	16	15	14	20	92	13
AYACUCHO-10 DE AGOSTO	19	9	9	14	10	9	12	82	12
10 DE AGOSTO-PICHINCHA	20	11	19	15	10	16	19	110	16
PICHINCHA-VICENTE ROCAFUERTE	15	14	17	10	11	18	14	99	14
VICENTE ROCAFUERTE-9 DE OCTUBRE	8	12	14	19	12	15	12	92	13
9 DE OCTUBRE-TARQUI	5	9	4	14	11	13	13	69	10
TARQUI-QUITO	10	15	18	17	10	11	15	96	14
QUITO-DESTINO	9	9	6	14	14	14	9	75	11
<b>TOTAL</b>	<b>189</b>	<b>166</b>	<b>179</b>	<b>202</b>	<b>161</b>	<b>188</b>	<b>201</b>	<b>1286</b>	<b>14</b>

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

El conteo de flujo peatonal permite determinar la situación actual de la calle Bolívar. El análisis se hace en horas determinadas donde existe un número elevado de personas que utilizan la vía para utilizar vehículos de servicio público, dirigirse a sus hogares, zonas laborales e incluso la zona comercial, esto provoca en las paradas de bus un flujo interrumpido de personas por la vereda. La falta de educación vial de los ciudadanos es la principal causa aglomeración de personas en las paradas, esta situación puede causar un accidente al momento de tomar un bus público o taxi urbano.

Hay una participación promedio de 14 personas en el periodo de 15 minutos por el arco generado en la calle Bolívar. Los días jueves y domingos las personas salen con mayor frecuencia utilizando los diferentes arcos formados por las intersecciones con 202 y 201 veces respectivamente, mientras que los demás días presentan un número similar de circulación peatonal por las veredas de la calle Bolívar. El comportamiento de los peatones es difícil de

predecir porque depende de variables subjetivas como las necesidades, condiciones socioeconómicas y comodidad de cada usuario que transita por las veredas de calle Bolívar.

Tabla 17. Tabulación conteo de flujo peatonal sin hora pico

ARCOS	DÍA DE LA SEMANA							TOTAL	PROMEDIO
	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
ORIGEN-ATAHUALPA	15	20	19	23	19	18	21	135	19
ATAHUALPA-ROBERTO SIERRA	8	13	7	11	11	15	9	74	11
ROBERTO SIERRA-GARCÍA MORENO	15	5	15	11	15	8	7	76	11
GARCÍA MORENO-BOYACÁ	15	9	14	10	15	7	6	76	11
BOYACÁ-JUNIN	9	14	11	10	14	7	6	71	10
JUNÍN-AYACUCHO	6	12	11	8	15	6	9	67	10
AYACUCHO-10 DE AGOSTO	8	11	10	13	10	13	7	72	10
10 DE AGOSTO-PICHINCHA	10	12	6	15	8	15	7	73	10
PICHINCHA-VICENTE ROCAFUERTE	10	10	6	13	9	8	13	69	10
VICENTE ROCAFUERTE-9 DE OCTUBRE	9	9	6	9	11	15	9	68	10
9 DE OCTUBRE-TARQUI	12	15	5	8	7	14	6	67	10
TARQUI-QUITO	11	8	15	9	11	6	15	75	11
QUITO-DESTINO	15	11	15	13	13	9	6	82	12
<b>TOTAL</b>	<b>143</b>	<b>149</b>	<b>140</b>	<b>153</b>	<b>158</b>	<b>141</b>	<b>121</b>	<b>1005</b>	<b>11</b>

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

El día viernes las personas salen con mayor frecuencia utilizando las diferentes intersecciones con un total de 158 veces. Las intersecciones que con frecuencia utilizan los peatones en un horario de 09h00 a 11h00 son la calle Pichincha, y Boyacá por donde se ubica el mercado central de Tulcán con una participación promedio de 11 personas por arco formado por todas las intersecciones.

Tabla 18. Comparación de los componentes de tránsito con y sin tráfico

COMPARACIÓN CON Y SIN TRÁFICO					
	CON TRÁFICO		SIN TRÁFICO		
			COMPONENTES DEL TRÁNSITO		
<b>PEATONES</b>	3596	58,43%	PEATONES	3162	60,33%
<b>LIVIANOS</b>	1320	21,45%	LIVIANOS	947	18,07%
<b>BICICLETAS</b>	336	5,46%	BICICLETAS	303	5,78%
<b>CAMIONES DOBLE EJE</b>	334	5,43%	MOTOCICLETAS	296	5,65%
<b>MOTOCICLETAS</b>	332	5,39%	CAMIONES DOBLE EJE	293	5,59%
<b>BUSES</b>	236	3,83%	BUSES	240	4,58%

<b>TOTAL</b>	6154	100,00%	<b>TOTAL</b>	5241	100,00%
--------------	------	---------	--------------	------	---------

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

En la tabla 18 se observa una diferencia considerable en los flujos vehiculares y peatonales con y sin tráfico. Los peatones prefieren participar en la vía por las diferentes intersecciones en una hora que no es considerada pico en la ciudad de Tulcán con una diferencia de 434 personas durante un total de 105 minutos (15 minutos por día) en toda una semana. El caso de los buses podría ser igual porque no solo se contabilizó los públicos sino también los que ofrecen transporte escolar que usaron la vía en esos horarios evaluados y el último valor obtenido fue que hubo un incremento del 50% en la velocidad promedio en una hora de menor flujo vehicular.

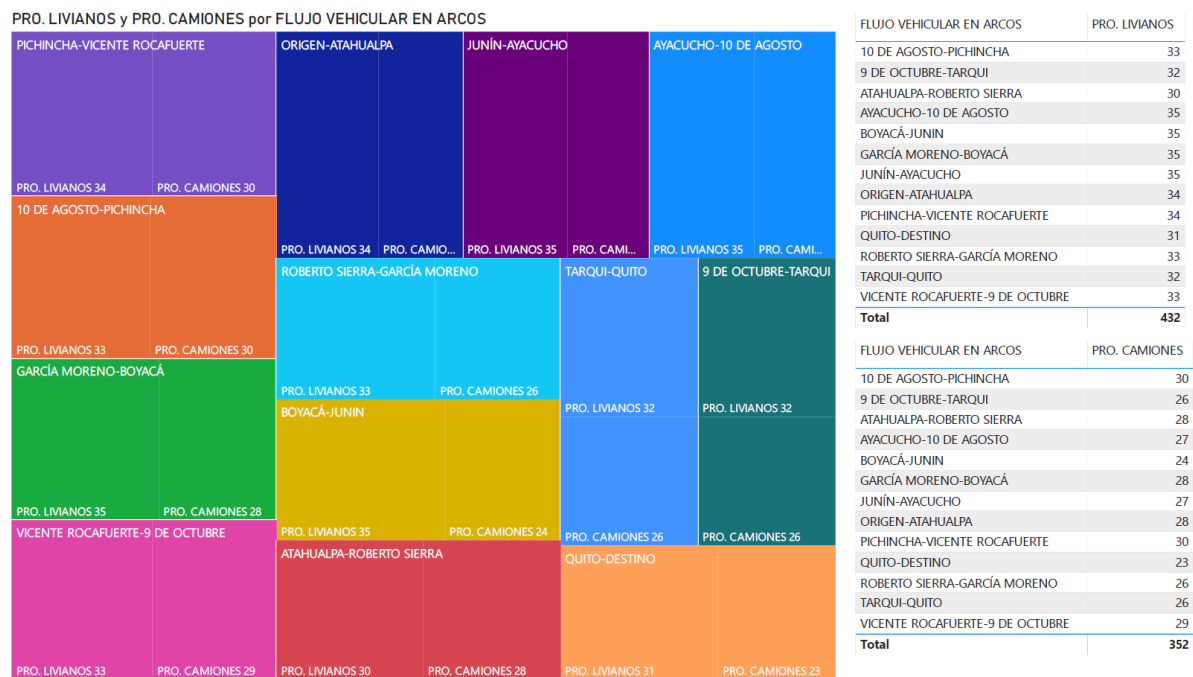


Figura 8. Comparación de flujo vehicular promedio entre livianos y camiones por arco.

Para la elaboración de este gráfico de jerarquía también conocido como *TreeMap* se realizó una formación de arcos entre intersecciones en la calle Bolívar para conocer un promedio del flujo real y hacer una comparación entre modos. El conteo se lo realizó en cada arco formado por las intersecciones de la calle Bolívar cada 15 minutos por cada día.

Se observa que los arcos formados entre las calles Ayacucho y 10 de agosto, García Moreno y Boyacá, Boyacá y Junín, Junín y Ayacucho los vehículos livianos comparten un promedio de 35 vehículos por cada 15 minutos, sin embargo, en esos mismos arcos para el caso de los camiones doble eje se tiene un menor promedio de vehículos por cada 15 minutos de 27, 28, 24

y 27 respectivamente. Las diferencias no son muy grandes al comparar la frecuencia y el flujo vehicular para este tipo de modos.

Comparando el arco Pichincha - Vicente Rocafuerte, hay 34 vehículos livianos y 30 camiones doble eje en promedio por cada día, hay una diferencia en esta gráfica y en las anteriores con un mayor número de vehículos livianos que usan la vía en horas pico en comparación a camiones doble eje.

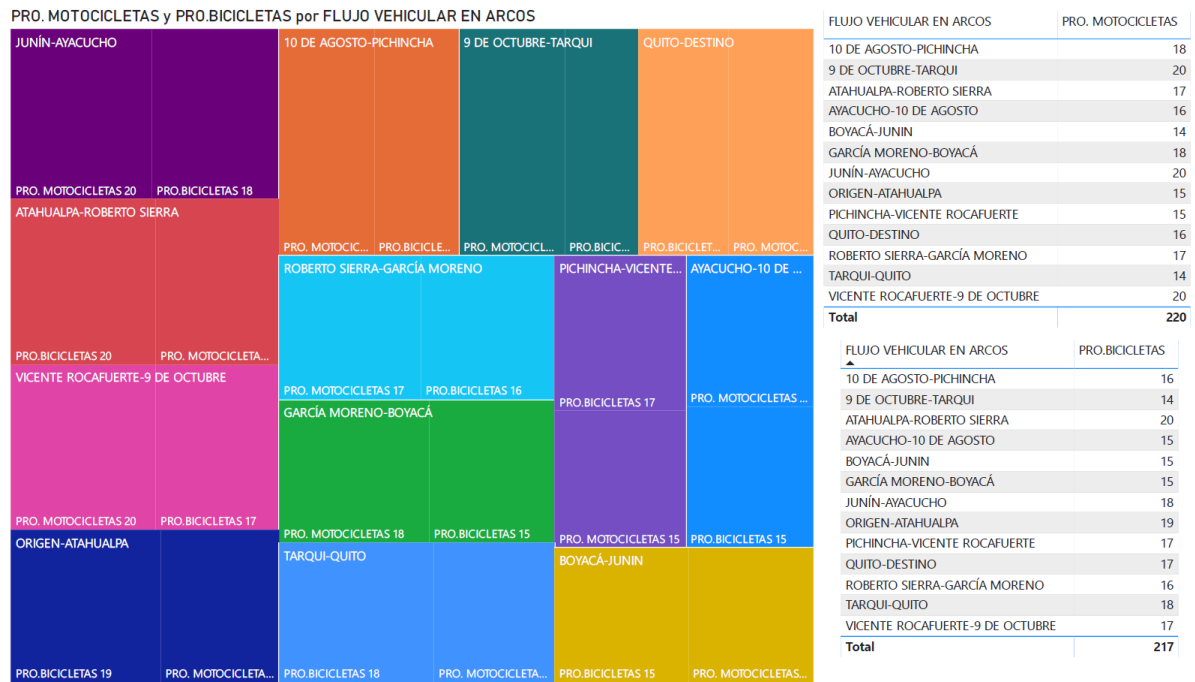


Figura 9. Comparación de flujo vehicular promedio entre motocicletas y bicicletas por arco.

El comportamiento de motocicletas y bicicletas es similar en cuanto a flujo vehicular por los diferentes arcos formados en la calle Bolívar. En este caso los arcos de mayor importancia o aportación al flujo real fue el de las calles 9 de octubre y Tarqui, Junín y Ayacucho, y Vicente Rocafuerte y 9 de octubre con 20 motocicletas en promedio por cada 15 minutos por cada día y en el arco Atahualpa y Roberto Sierra fue de 20 bicicletas en el mismo periodo de tiempo en el caso de las motocicletas.

Comparando las motocicletas y bicicletas en el mismo arco Roberto Sierra y García Moreno se obtuvo un promedio de 18 y 15 vehículos en promedio por cada 15 minutos. Todo este análisis se lo realizó en horario pico desde las 12h00 a 14h00.

#### 4.1.8. Modelo de circulación vehicular

“Establecer un modelo que describa el comportamiento vehicular con base en análisis de patrones de flujo determinados en la situación actual”. Para el cumplimiento del segundo objetivo se utilizó un programa de acceso gratuito llamado “*Power BI*”, que permite realizar un análisis de datos de manera dinámica, visualizando los resultados del comportamiento de los flujos en la calle Bolívar en un periodo de tiempo de 15 minutos durante todos los días de una semana.

Se muestra el comportamiento de los diferentes tipos vehículos que intervienen en la circulación de la calle Bolívar con el porcentaje mayor de participación en situación de hora pico entre las 12h00 a 14h00 durante una semana y un menor porcentaje de participación en un horario de 09h00 a 11h00. Se observa además que la participación de los vehículos del vecino país de Colombia no afecta a la congestión vehicular de la calle Bolívar. Todos estos resultados se los observa en la tabla 8 con mayor detalle.

- **Fórmula recursiva para el flujo neto en una vía de un solo sentido por modo**

Esta fórmula recursiva establecida con criterios de programación dinámica, permitió determinar el flujo de vehículos en una vía de un solo sentido en cada cuadra formada entre las intersecciones de la calle principal (calle Bolívar) y se interpretaron los resultados a través de los *dashboards* de alto nivel del programa *Power BI*.

$$F(i) = F(i - 1) + F.entrada(i) - F.salida(i)$$

Donde:

F(i): Flujo en el arco (i)

F(i-1): flujo del arco (i-1), (arco anterior al arco i en el sentido de flujo positivo)

F. entrada: flujo de entrada en la intersección del arco (i)

F. salida: flujo de salida en la intersección del arco (i)

#### **Ejemplo vehículos livianos:**

$$F(\text{Boyacá} - \text{Junín}) = F(\text{Origen}) + F(\text{Atahualapa}) - F(\text{García Moreno}) - F(\text{Roberto Sierra})$$

$$F(\text{Boyacá} - \text{Junín}) = 100 + 94 - 58 - 57$$

$$F(\text{Boyacá} - \text{Junín}) = 79 \text{ vehículos livianos en el arco}$$

#### **Ejemplo motocicletas:**

$$F(\text{Boyacá} - \text{Junín}) = F(\text{Origen}) + F(\text{Atahualapa}) - F(\text{García Moreno}) - F(\text{Roberto Sierra})$$

$$F(\text{Boyacá} - \text{Junín}) = 18 + 17 - 11 - 19$$



F(Boyacá – Junín) = 5 motocicletas en el arco

**Resultados:**

Tabla 19. Resultados de la fórmula recursiva

LIVIANOS		CAMIONES		MOTOCICLETAS		BICICLETAS	
<b>ARCO 1</b>		<b>ARCO 1</b>		<b>ARCO 1</b>		<b>ARCO 1</b>	
ORIGEN	ATAHUALPA	ORIGEN	ATAHUALPA	ORIGEN	ATAHUALPA	ORIGEN	ATAHUALPA
100	94	18	17	40	25	25	24
	194		35		65		49
<b>ARCO 2</b>		<b>ARCO 2</b>		<b>ARCO 2</b>		<b>ARCO 2</b>	
ATAHUALPA	R. SIERRA	ATAHUALPA	R. SIERRA	ATAHUALPA	R. SIERRA	ATAHUALPA	R. SIERRA
194	-58	35	-11	65	-14	49	-14
	136		24		51		35
<b>ARCO 3</b>		<b>ARCO 3</b>		<b>ARCO 3</b>		<b>ARCO 3</b>	
R.SIERRA	G. MORENO	R.SIERRA	G. MORENO	R.SIERRA	G. MORENO	R.SIERRA	G. MORENO
136	-57	24	-19	51	-19	35	-12
	79		5		32		23
<b>ARCO 4</b>		<b>ARCO 4</b>		<b>ARCO 4</b>		<b>ARCO 4</b>	
G. MORENO	BOYACÁ	G. MORENO	BOYACÁ	G. MORENO	BOYACÁ	G. MORENO	BOYACÁ
79	-34	5	3	32	-7	23	1
	45		8		25		24
<b>ARCO 5</b>		<b>ARCO 5</b>		<b>ARCO 5</b>		<b>ARCO 5</b>	
BOYACÁ	JUNIN	BOYACÁ	JUNIN	BOYACÁ	JUNIN	BOYACÁ	JUNIN
45	-35	8	-2	25	-4	24	12
	10		6		21		36
<b>ARCO 6</b>		<b>ARCO 6</b>		<b>ARCO 6</b>		<b>ARCO 6</b>	
JUNÍN	AYACUCHO	JUNÍN	AYACUCHO	JUNÍN	AYACUCHO	JUNÍN	AYACUCHO
10	5	6	10	21	10	36	9
	15		16		31		45
<b>ARCO 7</b>		<b>ARCO 7</b>		<b>ARCO 7</b>		<b>ARCO 7</b>	
AYACUCHO	10 DE AGISTO	AYACUCHO	10 DE AGISTO	AYACUCHO	10 DE AGISTO	AYACUCHO	10 DE AGISTO
15	-36	16	-4	31	7	45	11
	-21		12		38		56
<b>ARCO 8</b>		<b>ARCO 8</b>		<b>ARCO 8</b>		<b>ARCO 8</b>	
10 DE AGOSTO	PICHINCHA	10 DE AGOSTO	PICHINCHA	10 DE AGOSTO	PICHINCHA	10 DE AGOSTO	PICHINCHA
-21	-6	12	8	38	8	56	-7
	-27		20		46		49
<b>ARCO 9</b>		<b>ARCO 9</b>		<b>ARCO 9</b>		<b>ARCO 9</b>	
PICHINCHA	V. ROCAFUERTE	PICHINCHA	V. ROCAFUERTE	PICHINCHA	V. ROCAFUERTE	PICHINCHA	V. ROCAFUERTE
-27	-24	20	5	46	-6	49	-12
	-51		25		40		37
<b>ARCO 10</b>		<b>ARCO 10</b>		<b>ARCO 10</b>		<b>ARCO 10</b>	
V. ROCAFUERTE	9 DE OCTUBRE	V. ROCAFUERTE	9 DE OCTUBRE	V. ROCAFUERTE	9 DE OCTUBRE	V. ROCAFUERTE	9 DE OCTUBRE
-51	-16	25	-9	40	-6	37	1
	-67		16		34		38
<b>ARCO 11</b>		<b>ARCO 11</b>		<b>ARCO 11</b>		<b>ARCO 11</b>	

9 DE OCTUBRE	TARQUI	9 DE OCTUBRE	TARQUI	9 DE OCTUBRE	TARQUI	9 DE OCTUBRE	TARQUI
-67	-5	16	11	34	3	38	-3
	-72		27		37		35
<b>ARCO 12</b>		<b>ARCO 12</b>		<b>ARCO 12</b>		<b>ARCO 12</b>	
TARQUI	QUITO	TARQUI	QUITO	TARQUI	QUITO	TARQUI	QUITO
-72	-62	27	-19	37	-17	35	-22
	-134		8		20		13
<b>ARCO 13</b>		<b>ARCO 13</b>		<b>ARCO 13</b>		<b>ARCO 13</b>	
QUITO	DESTINO	QUITO	DESTINO	QUITO	DESTINO	QUITO	DESTINO
-134	-207	8	-207	20	-207	13	-207
	-341		-199		-187		-194

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

En la tabla 19, se muestra el resultado que se obtiene al aplicar la fórmula recursiva creada para identificar el flujo del arco formando entre dos intersecciones para cada modo que interviene en la vía.

Tabla 20. Resultados de la fórmula recursiva

MODO	VOLUMÉTRICO		COMPARATIVA FÓRMULA RECURSIVA		ERROR
LIVIANOS	88	100%	79	90%	10%

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

En la tabla 20, se muestra el resultado de la comparativa entre los datos del conteo volumétrico y de la fórmula recursiva, hay un error del 10% entre los datos obtenidos en el caso de los vehículos livianos que son los que tienen la mayor participación en la vía.



Figura 10. Distribución de flujo de vehículos livianos en cada intersección en Power BI.



El flujo neto en la calle Bolívar es negativo para los camiones de doble eje, esto significa que en promedio hay más camiones que se desvían por las intersecciones de salida que los que recorren todo el arco de la calle Bolívar hasta el destino en la Unión de las dos calles.

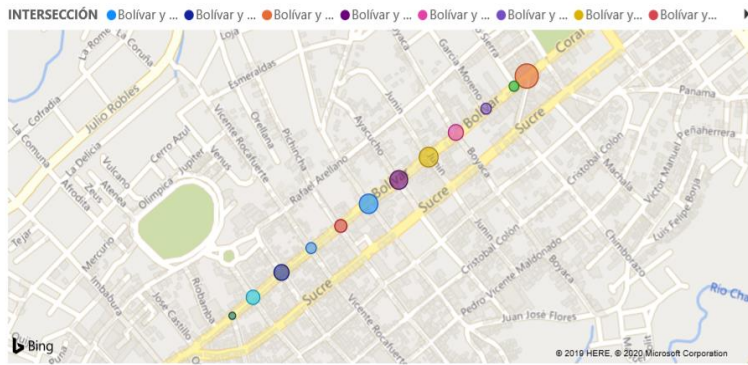


Figura 12. Distribución de flujo para motocicletas en cada intersección.

Se observa en la figura 12 que en la intersección de la calle Atahualpa se tiene un mayor aporte al flujo vehicular de la calle Bolívar. El comportamiento de las motocicletas en las otras intersecciones es muy dinámico tal como se muestra en las gráficas, esto debido a la versatilidad que presentan este tipo de vehículos en la circulación en vías congestionadas y en el acceso a distintos lugares.

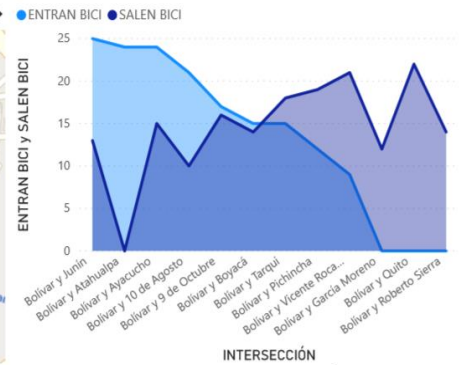
Los picos generados en la gráfica superior derecha muestran un mayor nivel de flujo en la calle Atahualpa con una participación de 25 motocicletas que ingresaron a la calle Bolívar. Así mismo se observa que las motocicletas salen de la calle Bolívar en intersecciones intermedias para dirigirse a varios puntos del centro de la ciudad donde se concentra la actividad comercial y laboral.

FLUJO NETO/BICI, ENTRAN BICI y SALEN BICI por INTERSECCIÓN, LATITUD y LONGITUD



INTERSECCIÓN	ENTRAN BICI	SALEN BICI	FLUJO NETO/BICI
Bolívar y 10 de Agosto	21	10	11
Bolívar y 9 de Octubre	17	16	1
Bolívar y Atahualpa	24	0	24
Bolívar y Ayacucho	24	15	9
Bolívar y Boyacá	15	14	1
Bolívar y García Moreno	0	12	-12
Bolívar y Junín	25	13	12
Bolívar y Pichincha	12	19	-7
Bolívar y Quito	0	22	-22
Bolívar y Roberto Sierra	0	14	-14
Bolívar y Tarqui	15	18	-3
Bolívar y Vicente Rocafuerte	9	21	-12
<b>Total</b>	<b>162</b>	<b>174</b>	<b>-12</b>

ENTRAN BICI y SALEN BICI por INTERSECCIÓN



ENTRAN BICI y SALEN BICI por INTERSECCIÓN

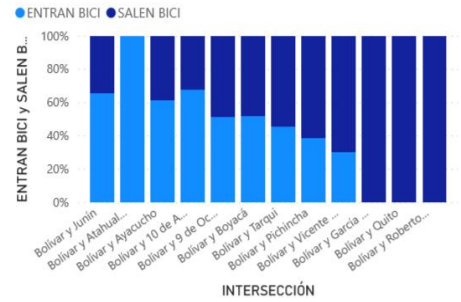


Figura 13. Distribución de flujo para bicicletas en cada intersección.

Se observa en la figura 13 que el flujo neto en la calle Bolívar es negativo esto significa que hay más bicicletas que salen de las que se quedan en el arco total de la calle Bolívar. En el mapa de densidad se observar que en el origen del arco se genera una gran cantidad de flujo de bicicletas en un periodo de 15 minutos. En el caso de las calles Atahualpa y Ayacucho se tiene una concentración de 24 bicicletas que entran a la calle Bolívar. Las calles Atahualpa y Quito son de un solo aporte para la vía esto significa que es de ingreso y salida de vehículos respectivamente.



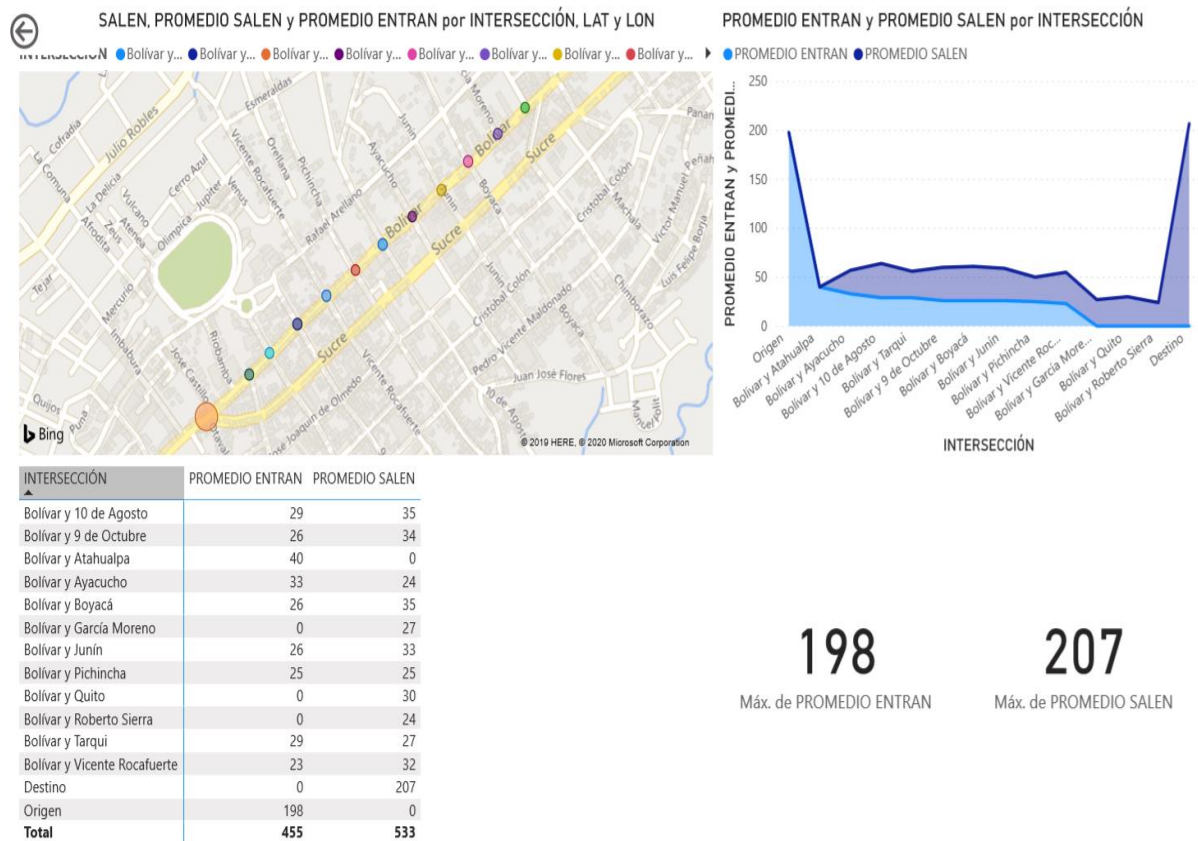
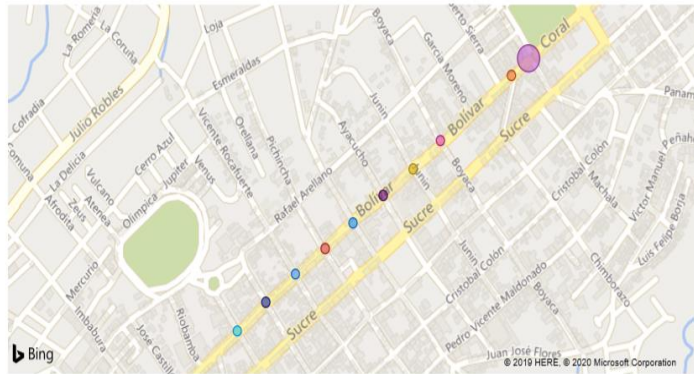


Figura 14. Distribución de flujo promedio y volumétrico en la calle Bolívar.

En la figura 14 se observa el comportamiento promedio de los diferentes tipos de vehículos y su participación en la congestión vehicular de la calle Bolívar. Con el conteo realizado en cada intersección y tomando en cuenta el origen y el destino se obtuvo el promedio de vehículos que ingresan o salen de la vía principal en un lapso de tiempo de 15 minutos. Se encontró un promedio máximo de 198 vehículos que entraron y 207 vehículos que salieron de la calle Bolívar. Los picos de mayor alcance encontrados en la gráfica superior derecha están justamente origen (parque Ayora) y en el destino (unión de las dos calles) del arco total. Se realizó el conteo volumétrico todos los días de una semana normal, en horarios determinados como hora pico de 7:00 am a 9:00 am, 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00.

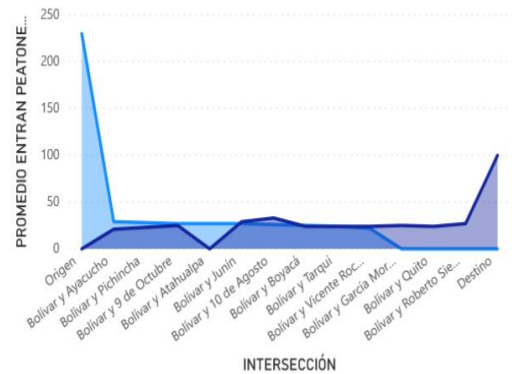
PROMEDIO ENTRAN PEATONES, PROMEDIO ENTRAN PEATONES y PROMEDIO SALEN PEATONE...

INTERSECCIÓN ● Bolívar y ... ● Bolívar y ... ● Bolívar y ... ● Bolívar y ... ● Bolívar y ... ● Bolívar y ... ● Bolívar y J...



PROMEDIO ENTRAN PEATONES y PROMEDIO SALEN PEATONES por ...

● PROMEDIO ENTRAN PEATONES ● PROMEDIO SALEN PEATONES



INTERSECCIÓN	PROMEDIO ENTRAN PEATONES	PROMEDIO SALEN PEATONES
Bolívar y 10 de Agosto	26	33
Bolívar y 9 de Octubre	27	25
Bolívar y Atahualpa	27	0
Bolívar y Ayacucho	29	21
Bolívar y Boyacá	25	24
Bolívar y García Moreno	0	25
Bolívar y Junín	27	29
Bolívar y Pichincha	28	23
Bolívar y Quito	0	24
Bolívar y Roberto Sierra	0	27
Bolívar y Tarquí	24	24
Bolívar y Vicente Rocafuerte	22	24
Destino	0	100
Origen	230	0
<b>Total</b>	<b>465</b>	<b>379</b>

**230**  
Máx. de PROMEDIO ENTRAN PEATONES

**100**  
Máx. de PROMEDIO SALEN PEATONES

Figura 15. Distribución de flujo promedio peatonal por cada intersección.

En la figura 15 se observa una participación promedio de personas que entraron o salieron de la calle Bolívar. La gráfica superior izquierda muestra una circunferencia de mayor tamaño que representa 230 personas en promedio que aportan en el flujo peatonal de la calle Bolívar por el origen y 100 personas en promedio que salen de la calle por el destino, tomando en cuenta los que se incorporaron o abandonaron el arco en un lapso de tiempo de 15 minutos respectivamente para cada intersección. Esto significa la dificultad en predecir el comportamiento de las personas en algún punto o intersección que abandonaron la vía principal y llegaron al final del arco.

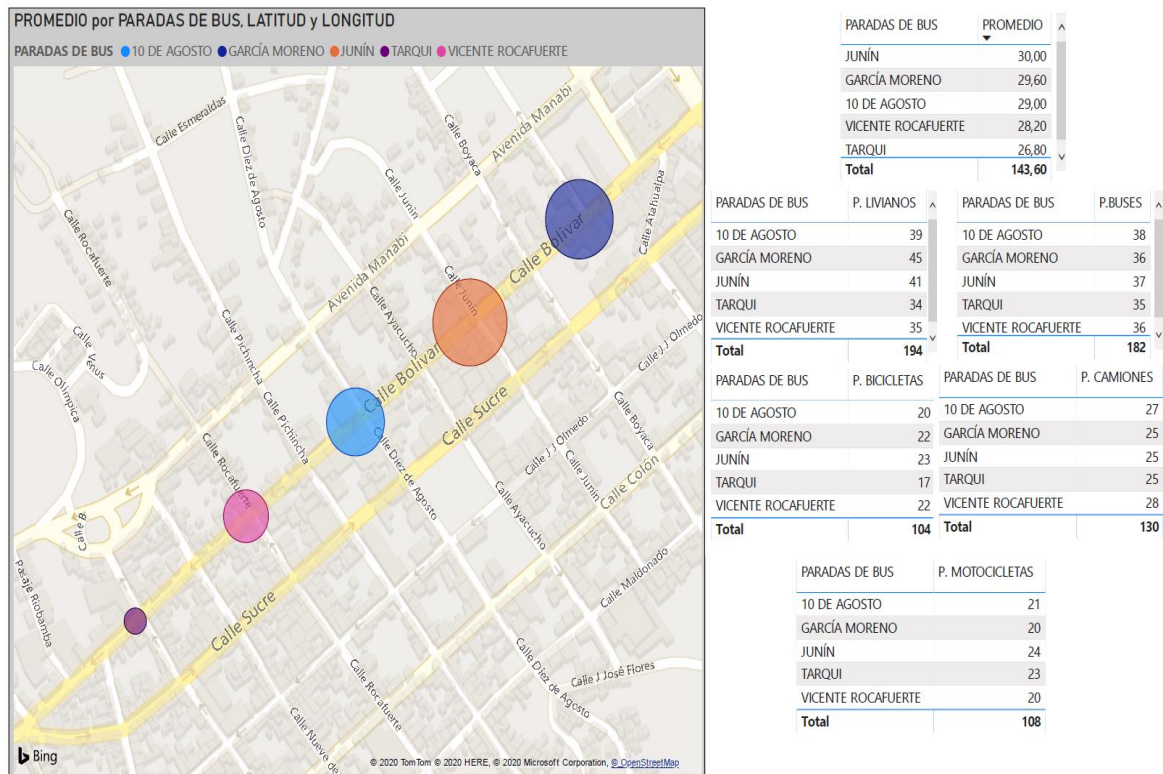


Figura 16. Flujo vehicular en las paradas de bus para todos los modos.

Se observa en la figura 16 un nivel alto de congestión en las diferentes paradas de la calle Bolívar de acuerdo a las circunferencias que se ubican en las zonas con mayor circulación vehicular y peatonal del centro de la ciudad. Los valores tomados para la representación en *Power BI* son un promedio general de todos los modos de transporte evaluados en la investigación y el conteo se lo realizó en un lapso de 15 minutos por cada día. Las dos intersecciones, García Moreno y Junín de la calle Bolívar donde se encuentran paradas de bus tienen un promedio de 29 y 30 vehículos respectivamente por cada 15 minutos en cada día. Se demuestra que en las paradas de bus hay un mayor flujo vehicular en una hora pico entre 12:00 a 14:00. Las tablas de la parte derecha son los datos recolectados y son un promedio por cada modo.





*Figura 17.* Comportamiento en las paradas de bus.

#### 4.1.9 Alternativas para el flujo de vehicular y peatonal

En cuanto el objetivo “Identificar alternativas de mejora para la circulación vehicular y peatonal en la calle Bolívar” se obtuvieron algunos eventos relevantes. La congestión genera costos de diversa magnitud en el flujo vehicular de la ciudad, algunos deben ser solucionados por los propios organismos públicos que pueden establecer medidas para la regulación y el flujo continuo de los vehículos en la calle Bolívar. Otros afectan directamente a la ciudadanía en general, generando algunos problemas como: malestar auditivo, problemas respiratorios, pérdida de tiempo en los viajes, entre otros. El único semáforo que hay en la calle Bolívar está ubicado en la intersección Boyacá y es un componente del tránsito que aporta seguridad para la movilidad peatonal y circulación de los vehículos que cruzan por esa calle o se incorporan en la calle Bolívar.

Una alternativa para la circulación de peatones es capacitar con educación vial a cada ciudadano para que haga uso correcto de la señalización en cada sector de la ciudad, establecer un orden correcto en las paradas para no interrumpir la circulación peatonal y además, es necesario que las personas respeten los espacios para la circulación tanto peatonal como vehicular y que no

afecte la integridad de las mismas. Las capacitaciones para los ciudadanos/as de Tulcán una vez cada 2 a 3 meses en escuelas, colegios, universidades y centros de concentración de personas, el apoyo por parte del GAD Cantonal y Policía Nacional debe ser primordial en educación vial, la disponibilidad y el entusiasmo de las personas en adquirir conocimientos de los derechos y obligaciones que tienen como peatones dentro de una ciudad.

La congestión vehicular es una característica propia de una ciudad que tiene en promedio de 1 a 2 vehículos por hogar. El problema de congestión es causado por cada usuario de un vehículo, porque las decisiones de las rutas y los horarios que eligen en cada viaje las toman de forma independiente, sin considerar las decisiones y necesidades de los demás, además de que las actividades comerciales, laborales, educacionales y recreativas comprenden actualmente toda la geografía de las ciudades. Es necesario aminorar y distribuir las rutas por otras calles en horarios de mayor demanda de vehículos y personas.

Los datos reflejan que los vehículos livianos tienen un mayor aporte a la congestión, pero no es el principal causante del flujo interrumpido en la calle Bolívar. En la gráfica 15 se encontró que los buses de transporte público son los principales causantes de tráfico no por malos hábitos de los conductores, sino que ellos cumplen con la ruta asignada a pesar de que las paradas no cuentan con el espacio adecuado para estacionarse y dejar circular a los demás usuarios de vehículos que transitan por la calle Bolívar. Toda esta recolección de datos y revisión de otros proyectos permitió generar varias propuestas para reducir el tráfico vehicular en esa zona.

La primera alternativa de mejora para un flujo vehicular continuo es colocar un horario restringido para los vehículos, esto quiere decir que, a determinada hora del día, “hora pico”, (7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00) los usuarios de vehículos livianos y camiones doble eje no pueden transitar por la calle Bolívar (esto no aplica a motocicletas y bicicletas) porque al comparar los resultados obtenidos con el indicador factor de hora pico actual de 74% y al aplicar la alternativa de mejora el porcentaje de ocupación de la vía se reduce a un 44%, esto significa que al restringir el ingreso a los vehículos livianos y camiones en horas pico se reduce un 30% de congestión vehicular en la calle Bolívar.

Tabla 21. Resultados conteo volumétrico

FECHA	HORA DE INICIO	SENTIDO	DÍA	BUS	MOTOCICLETA	BICICLETA	TOTAL	TOTAL-HORA
13/5/2019	16:00 a 18:00	N-S	Lunes	36	20	23	79	40
14/5/2019	18:00 a 20:00	N-S	Martes	37	38	30	105	53
22/5/2019	18:00 a 20:00	N-S	Miércoles	32	20	25	77	39
30/5/2019	16:00 a 18:00	N-S	Jueves	30	15	18	63	32
24/5/2019	11:00 a 13:00	N-S	Viernes	34	20	21	75	38

18/5/2019	16:00 a 18:00	N-S	Sábado	35	18	19	72	36
16/5/2019	18:00 a 20:00	N-S	Domingo	32	18	22	72	36
<b>TOTAL</b>				236	149	158	543	23

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

Al retirar las dos variables de los modos (vehículos livianos y camiones doble eje) y aplicar la misma fórmula para el cálculo del indicador de factor de hora pico con los datos actuales, se obtiene un 44% de ocupación en el arco en una hora pico.

$$FHP = \frac{VHMD}{q(max) * N}$$

$$FHP = \frac{23}{53 * 1}$$

$$FHP = 0.43$$

Se podría incentivar el uso de bicicletas en esa zona mediante campañas para uso de un medio de transporte que no genere emisiones de dióxido de carbono al medio ambiente, creando espacios recreativos para uso exclusivo de bicicletas en horarios pico. Estos estímulos pueden traer muchos beneficios a futuro tanto para la salud de los ciudadanos como para la preservación de las infraestructuras que están ubicadas en la calle Bolívar.

La segunda alternativa es colocar una tarifa de ingreso para los vehículos livianos y camiones doble eje en esta vía de un solo sentido durante las horas pico del día. Esta alternativa ha sido aplicada en países con una mayor población de habitantes como Francia, Estados Unidos y España donde el tránsito vehicular genera grandes filas de vehículos de todo tipo. Las continuas propuestas de mejora han sido rechazadas por la mayoría de la población, por ejemplo, en 2005 se hizo un referéndum en Escocia para implementar una tarifa de 8 libras esterlinas que es 10 dólares estadounidenses pero un 74,4% de la población rechazó la propuesta, mientras que en la ciudad de Nueva York se paga una suscripción mensual de 5 dólares para el uso exclusivo de la vía en horas de mayor flujo vehicular. En la ciudad de Tulcán se podría implementar una suscripción mensual coherente con la realidad del sector de 2 a 3 dólares para el uso de la vía en horas pico del día. El indicador actual del porcentaje de ocupación de la vía en hora pico es de 74% y, si se toma en cuenta la situación económica actual del país y que en el peor de los casos la aprobación de los ciudadanos sea un 50%, la implementación de esta alternativa permitiría una reducción de la mitad de los vehículos livianos y camiones que intervienen en la vía en hora pico, llevando el porcentaje de hora pico a un 67%.

Comparando los porcentajes de reducción de tráfico, la primera alternativa es más factible para la solución de la congestión.

Tabla 22. Resultados para el factor de hora pico

HORA DE INICIO	SENTIDO	DÍA	LIVIANO	BUS	CAMION(2 EJES)	MOTOCICLET A	BICICLET A	TOTAL	TOTAL-HORA
16:00 a 18:00	N-S	Lunes	375	36	4	20	23	458	229
18:00 a 20:00	N-S	Martes	476	37	8	38	30	589	295
18:00 a 20:00	N-S	Miércoles	160	32	3	20	25	240	120
16:00 a 18:00	N-S	Jueves	385	30	3	15	18	451	226
11:00 a 13:00	N-S	Viernes	474	34	3	20	21	552	276
16:00 a 18:00	N-S	Sábado	150	35	2	18	19	224	112
18:00 a 20:00	N-S	Domingo	469	32	2	18	22	543	272
TOTAL			2489	236	25	149	158	3057	200

Fuente: Encuestas de conteo de personas (2019)

**Solución:**

$$FHP = \frac{VHMD}{q(max) * N}$$

$$FHP = \frac{200}{595 * 1}$$

$$FHP = 0.67$$

Analizar el comportamiento de los usuarios de la ciudad Tulcán con ciudades de mayor número de habitantes hace complicado emparejar los puntos positivos y negativos que tienen cada una y así poder determinar una tarifa, pero para empezar se podría establecer una cercana al costo de estacionamiento en zonas azules, así se reduciría considerablemente el congestionamiento en esta zona comercial en hora pico.

Como última alternativa se podría cambiar la flota de buses públicos actuales por unidades de menor capacidad debido a que el ancho de un vehículo liviano es de 1,5 metros y el ancho de la vía solo para uso vehicular es de 2,5 metros, por lo que solo puede circular un vehículo en cada instante de tiempo. Esta alternativa es muy costosa para las operadoras de transporte porque cada unidad que actualmente está en servicio tiene un costo promedio de 80000 dólares estadounidenses y una nueva flota con buses de menor capacidad tiene un valor promedio de 36000 dólares. Se necesitaría una incentivación por parte del GAD Cantonal como apoyo de un porcentaje de gasto para la nueva adquisición de la flota, de esa manera la propuesta se puede implementar con un retorno de la inversión a corto o mediano plazo. Un caso muy cercano es el de la ciudad de Ipiales que cuenta con buses pequeños que transitan por toda la ciudad y cumplen con la demanda de pasajeros, siendo un claro ejemplo de que las ciudades se adaptan

a la infraestructura para brindar un servicio que depende de la demanda de usuarios y además es sustentable y mejora considerablemente el flujo vehicular.

## **4.2. DISCUSIÓN**

Según Belter, Von Harten y Sorof (2016) la bicicleta es una manera limpia de transportarse de un punto a otro dentro de una ciudad con un número considerable de congestión vehicular, también es una forma de reducir las emisiones de dióxido de carbono que afecte a las áreas comerciales, el espacio que ocupa es menor al de un vehículo convencional, otro beneficio es la salud de los ciudadanos. De igual manera, este tipo de bici-usuarios usan la bicicleta con fines turísticos, laborales, entretenimiento, deportivos, entre otros.

Este ejemplo es parte del concepto de movilidad urbana sostenible, pero, sobre todo, que su aporte es importante para un nuevo enfoque a la ingeniería de tránsito, que bien se puede tomar como punto de partida el enfoque propuesto en el presente trabajo.

De acuerdo con Quintero (2015), una importante ventaja que tiene la bicicleta en la economía para una persona es que es medio de movilidad sano y de menor costo de transporte, y al no utilizar el transporte público produce un evidente descenso en la congestión de las vías, y también una disminución en el consumo de combustibles fósiles por parte del parque automotor. Esto, a su vez, contribuye a una considerable disminución de gases de efecto que producen el efecto invernadero, además mejora la salud de las personas, la actividad física realizada por el uso de la bicicleta incrementa el estado físico de los usuarios para una mayor calidad de vida. Entonces, se puede decir que este medio tiene un importante aporte para protección del ambiente, la equidad social y el valor económico.

El análisis de la situación actual de la calle Bolívar parte del diagnóstico de los componentes que intervienen en el comportamiento del tránsito en determinados periodos de tiempo. Los resultados encontrados en la investigación permitieron plantear posibles alternativas para reducir los niveles de congestión en la calle Bolívar en horas pico del día. Se coincide en las alternativas propuestas en los trabajos de los otros autores citados de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación. La bicicleta es un medio de transporte adecuado para las zonas donde existe un mayor flujo vehicular, además de que hay un mayor número de usuarios de vehículos livianos que transitan por la calle Bolívar en una hora pico. También en los resultados se evidenció que el principal causante de congestión en las paradas de bus de la calle Bolívar fueron los buses de transporte público que se detienen en el espacio asignado para recoger y dejar pasajeros, pero por el limitado espacio en la vía, se impide el flujo vehicular para el resto de usuarios que usan la calle. Otra alternativa importante para la situación de la calle Bolívar

es la de cambiar la flota vehicular por unas de menor capacidad para que el flujo vehicular no sea interrumpido. Además, el enfoque de la investigación tomó en cuenta la participación de los peatones y su importancia en la correcta educación vial para un desarrollo colectivo de una sociedad.

La continua evolución de los componentes del tránsito permite seguir avanzando y perfeccionando las políticas públicas entorno a la movilidad urbana sostenible. Se deben plantear regulaciones y políticas a partir de una comparación entre factores como programas y proyectos de inversión, instrumentos de análisis de movilidad urbana y medidas para lograr una infraestructura de transporte que no genere grandes emisiones de dióxido de carbono al ambiente. Un transporte alternativo y sostenible es lo que requiere una comunidad que sigue creciendo exponencialmente.

Se encontró una mayor concentración de vehículos livianos con un porcentaje de participación de 50,54% en una hora pico de 12h00 a 14h00. Por otro lado, en un horario de 09h00 a 11h00 que es una hora de menor congestión vehicular se obtuvo un porcentaje de 44,95 %, la diferencia es mínima en términos de porcentaje, pero por ser una ciudad pequeña y que el estudio se delimitó a un solo sector de la ciudad, los resultados son significativos para plantear alternativas y toma de decisiones en la reducción de tráfico de esta y otras zonas céntricas similares de distintas ciudades.

Con los datos recolectados en la investigación y las diferentes interpretaciones de gráficas y tablas se afirma que el modelo de movilidad urbana en relación a flujos vehiculares y peatonales incide en el nivel de congestión de la calle Bolívar tomando en cuenta además el comportamiento del flujo en diferentes intersecciones durante horarios de mayor y menor circulación vehicular, aceptándose la idea a defender planteada en el trabajo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La optimización de recursos que intervienen en la movilidad urbana en sectores céntricos urbanizados deben ser aprovechados para reducir los niveles de congestión que se presentan en horas pico del día en la ciudad de Tulcán. Sin embargo, es posible gestionar el crecimiento de nuestras ciudades de acuerdo a los principios apropiados que están detrás de las actividades humanas relacionadas directamente con una movilidad urbana sostenible y eficiente.
- Los puntos conflictivos en las paradas de bus que se detectaron en el análisis de los datos permite encontrar una solución efectiva a la hora de mejorar el tráfico en la calle Bolívar. La ciudad de Tulcán cuenta con varias vías por las que se puede liberar la demanda de vehículos que transitan por zona céntrica de la ciudad. Es complicado eliminar por completo el fenómeno de la congestión debido al crecimiento exponencial de vehículos en las ciudades, pero se puede generar alternativas de mejora para controlar los flujos vehiculares en periodos específicos de tiempo.
- El uso de recursos informáticos de código abierto permite realizar simulaciones con un acercamiento a la realidad valorando datos o variables que no se encontraron y no se tomó en cuenta para la investigación por motivos de tiempos, recursos y la pandemia que impidieron un análisis de la situación actual de la calle Bolívar las 24 horas del día y no solo en periodos cortos de tiempo.
- Los aspectos planteados en este escrito son los que se proponen desde la perspectiva técnica de la ingeniería de tránsito, en la gestión, el diseño y la implementación de medidas para el mejoramiento de la movilidad urbana, como primer acercamiento a su sostenibilidad.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable realizar la evaluación del uso adecuado del espacio público para peatones, ciclistas, personas discapacitadas y sectores especiales de la población, en las paradas de bus donde se evidencia una interrumpida circulación de vehículos, como elementos que deben ser incluidos al conocimiento práctico de la ingeniería de tránsito en la adopción de medidas para el mejoramiento de la accesibilidad y fácil circulación vehicular.
- Adicionalmente, la concepción social, cultural, ambiental, económica y política del problema de la movilidad urbana en su conjunto, se muestra como una herramienta fundamental, apropiada y confiable que proporciona una mejor perspectiva acerca de los factores que pueden contribuir al origen de problemas de movilidad en áreas urbanas de la ciudad de Tulcán, lo que genera la obtención de mejores estrategias para su tratamiento y una mayor aproximación al concepto aplicado de movilidad urbana sostenible y amigable con el medio ambiente.
- La participación por parte de las autoridades a cargo (GADs) en el mejoramiento de la circulación y la accesibilidad es fundamental para que los ciudadanos se apropien de las propuestas de proyectos que aportan al establecimiento de una movilidad sostenible en las pequeñas y grandes ciudades.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2006). *Breve Historia Económica del Ecuador*. Quito: Corporación Editorial.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica*. Caracas: EPISTEME, C.A. Recuperado el 20 de Junio de 2020
- Belter, T., Von Harten, M., & Sorof, S. (2016). *Costs and benefits of cycling. Sustainable transports for managing mobility SustraMM, European networks experience and redommendations helping cities and citizens*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020, de <http://enercitee.eu/Sub-Projects/SUSTRAMM---Sustainable-transport-for-managing-mobility,54/?sp=en>
- Chamorro, O. (2015). *Conceptualización de un plan de movilidad urbana sostenible para el Gobierno Municipal de Tulcán* (Tesis de grado). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
- Delgado, Y. (1 de Diciembre de 2012). *SlideShared*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de <https://es.slideshare.net/yanetsydelgado/analisis-deflujovehicularcalymayor>
- Dupuy, G. (2001). *El Urbanismo de las Redes*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos.
- Escudero, D. (26 de Junio de 2018). *El país*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020, de [https://elpais.com/elpais/2018/06/26/3500\\_millones/1529966857\\_735336.html](https://elpais.com/elpais/2018/06/26/3500_millones/1529966857_735336.html)
- Española, R. A. (1 de Octubre de 2014). *Diccionario Real Academia Española*. Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Diccionario Real Academia Española: <https://dle.rae.es/motocicleta?m=form>
- Española, R. A. (1 de Octubre de 2014). *Diccionario Real Academia Española*. Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Diccionario Real Academia Española: <https://dle.rae.es/bicicleta?m=form>
- Fernández, L. (20 de Febrero de 2012). *Los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación científica*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de <https://es.slideshare.net/gcoesi/los-enfoques-cuantitativo-y-cualitativo-en-la-investigacin-cientfica>
- Itrigo, P. (26 de Septiembre de 2011). *Caracas, vialidad y transporte. Una visión crítica desde la teoría del caos*. Recuperado el 9 de Junio de 2020, de Caracas, vialidad y transporte. Una visión crítica desde la teoría del caos: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_pol/article/view/2710/2600](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_pol/article/view/2710/2600)

- López, M. (Diciembre de 2015). *Red viaria, ciudad y paisaje. Aproximación teórica metodológica para su diseño.* (Tesis de doctoral). UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, Argentina.
- Morse, J. (1994). *Diseño de investigación cualitativa financiada.* NK Denzin y YS Lincoln: Sage Publications, Inc.
- Obregón, A., & Quezada, E. (1 de Enero de 2015). *Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro.* Recuperado el 20 de Junio de 2020, de Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro: <https://doi.org/10.22136/est002015554>
- Pérez, J. (12 de Julio de 2019). *Definicion.* Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Definicion.de: <https://definicion.de/automovil/>
- Pérez, J., & Merino, M. (13 de Marzo de 2015). *Definición.* Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Definición.de: <https://definicion.de/bus/>
- Pérez, J., & Merino, M. (12 de Abril de 2018). *Definicion.* Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Definicion.de: <https://definicion.de/camion/>
- Quintero, J. (30 de Junio de 2017). *Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. Ambiente y Desarrollo.* Recuperado el 4 de Septiembre de 2020, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/19999>
- Sobrino, J. (24 de Noviembre de 2006). *Estudios Demográficos y Urbanos.* Recuperado el 20 de Junio de 2020, de Estudios Demográficos y Urbanos: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=312/31222302>
- Tapia, J. G., & Veizaga, D. (Septiembre de 2006). *Academia.* Recuperado el 7 de Junio de 2020, de Academia: [https://www.academia.edu/12633873/Apoyo\\_did%C3%A1ctico\\_para\\_la\\_ense%C3%B1anza\\_y\\_aprendizaje\\_de\\_la\\_asignatura\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_de\\_Tr%C3%A1fico](https://www.academia.edu/12633873/Apoyo_did%C3%A1ctico_para_la_ense%C3%B1anza_y_aprendizaje_de_la_asignatura_de_Ingenier%C3%ADa_de_Tr%C3%A1fico)
- Tránsito, A. N. (29 de Septiembre de 2011). *ANT-EC.* Recuperado el 7 de Junio de 2020, de ANT-EC: <https://www.ant.gob.ec/index.php/component/content/article/49-boletines/189-agencia-nacional-de-transito-participa-en-la-semana-#.Xt7wckUzZPY>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Acta de predefensa del informe de Investigación



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL  
CARRERA DE LOGÍSTICA

### ACTA

#### DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: Pozo Paspuezán Roger Ariel  
NIVEL/PARALELO: 0  
CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401860507  
PERIODO ACADÉMICO: 2020A

TEMA DE INVESTIGACIÓN: Movilidad urbana con relación a la circulación vehicular y peatonal Calle Bolívar-Tulcán -Provincia de Carchi

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

**PRESIDENTE:** MSc. Iván Alirio Realpe Cabrera  
**LECTOR:** Msc. Ruben Darío Mujica Betancourt  
**ASESOR:** MSc. Iván Gabriel Mafla Bolaños

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

**EDIFICIO DE AULAS:** 0      **AULA:** 0  
**FECHA:** lunes, 14 de septiembre de 2020  
**HORA:** 0,625

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,10  
2) Trabajo escrito 2,70  
**Nota final de PRE DEFENSA 7,80**

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el      lunes, 14 de septiembre de 2020

0401136791  
IVAN ALIRIO  
REALPE CABRERA  
MSc. Iván Alirio Realpe Cabrera

**PRESIDENTE**

04012544  
46 IVAN  
GABRIEL  
MAFLA  
BOLAÑOS  
Firmado digitalmente por  
IVAN GABRIEL  
MAFLA  
BOLAÑOS  
Fecha: 2020.09.14  
21:45:30 -05'00'

MSc. Iván Gabriel Mafla Bolaños  
**TUTOR**

RUBEN DARIO  
MUJICA  
BETANCOURT  
Firmado digitalmente por  
RUBEN DARIO MUJICA  
BETANCOURT  
Fecha: 2020.09.15 08:25:34  
-05'00'

Msc. Ruben Darío Mujica Betancourt  
**LECTOR**

Adj.: Observaciones y recomendaciones

## Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

**Autor:** Pozo Paspuezán Roger Ariel

**Fecha de recepción del abstract:** 05 de octubre de 2020

**Fecha de entrega del informe:** 06 de octubre de 2020

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

#### Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.



Revisor: Ing. Edison Peñafiel Arcos



El medio de contacto es por:  
EDISON BOANERGES  
PENAFIEL ARCOS

2

Anexo 3: Foros de conteo de tráfico completo e imágenes de la investigación

CONTEO VOLUMÉTRICO CLASIFICADO							
INTERSECCIÓN			ENCUESTADOR	Roger Hoo			
ESTACIÓN N°	2		SENTIDO	N-S <input checked="" type="checkbox"/>	S-N <input type="checkbox"/>	E-W <input type="checkbox"/> W-E <input type="checkbox"/>	
HORA DE INICIO	14:00 a 16:00		FECHA:				
PERIODO:	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Bicicletas
			2 EJES	3 EJES	4 EJES O MAS		
LUNES Tarde (14:00)							
MARTES							
MIÉRCOLES							
JUEVES							
VIERNES							
SÁBADO							
DOMINGO							

Camioneros  
 Buses Escolares y tran.  
 Observador

Figura 18. Foro para el conteo de tráfico volumétrico y giros de tráfico.