

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA

**ESTUDIO PARA MEJORAR LA FLUIDEZ VEHICULAR
ANALIZANDO TIEMPOS DE SEMAFOROS EN LA CIUDAD
DE CAÑAR (AV. 24 DE MAYO Y 3 DE NOVIEMBRE)**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICO**

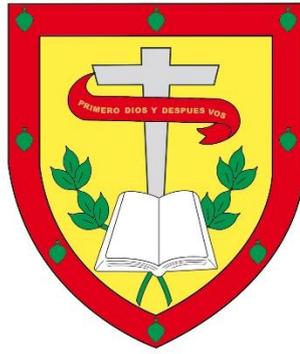
AUTOR: CRISTIAN RENE ENCALADA TENESACA

**DIRECTOR: MGTR.ING.OSCAR MAURICIO SIGUENCIA
SIGUENZA**

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA
INDUSTRIA Y CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO PARA MEJORAR LA FLUIDEZ VEHICULAR ANALIZANDO
TIEMPOS DE SEMÁFOROS EN LA CIUDAD DE CAÑAR (AV. 24 DE
MAYO Y 3 DE NOVIEMBRE)

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICO**

AUTOR: CRISTIAN RENE ENCALADA TENESACA

**DIRECTOR: MGTR.ING.OSCAR MAURICIO SIGUENCIA
SIGUENZA**

CUENA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARACION DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Cristian Rene Encalada Tenesaca portador de la cédula de ciudadanía N° 0302629696. Declaro ser el autor de la obra: "Estudio para mejorar la fluidez vehicular analizando los tiempos de semáforos en la intersección de la av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de cañar", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 28 de febrero de 2024



Cristian Rene Encalada Tenesaca

0302629696

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristian Rene Encalada Tenesaca, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'O' followed by several loops and a final flourish, positioned above a horizontal line.

Ing. Oscar Mauricio Siguenza Siguenza

DIRECTOR

DEDICATORIA

A la vanguardia del conocimiento y la erudición, esta tesis se erige como un monumento intelectual erigido sobre los cimientos de la indagación meticulosa y la reflexión profundamente introspectiva. En el vasto universo del saber, dedico este opus magnum a la búsqueda incesante de la verdad y al intrincado tejido de la cognición humana.

A mis mentores, faros de sabiduría en el océano de la erudición, cuyo discernimiento y orientación meticulosa han iluminado el arduo camino de la investigación. Vuestra sapiencia ha sido el catalizador que ha impulsado esta travesía intelectual, y vuestra dedicación ejemplar ha sido un faro inmutable en la tormenta de la complejidad académica.

A mis colegas investigadores, compañeros de incesante exploración en los dominios de la epistemología y la metodología, cuyas aportaciones han enriquecido la trama de este tratado con múltiples perspectivas y análisis perspicaces. Vuestro ingenio y rigor intelectual han sido un estímulo constante para elevar el estándar de esta contribución al cuerpo de conocimientos existente.

A mi familia, pilar inquebrantable de apoyo y estímulo, cuya devoción ha sido el motor silencioso detrás de cada página escrita y cada idea concebida. Vuestro incondicional respaldo ha sido el combustible que ha alimentado la llama del esfuerzo continuo y la búsqueda de la excelencia.

En última instancia, dedico este trabajo a la posteridad académica, confiando en que sus páginas sirvan como un faro de inspiración y un testimonio de la inagotable capacidad humana para desentrañar los misterios que yacen en los pliegues más profundos del conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

Enclavado en el pórtico de la culminación académica, expreso mi profundo agradecimiento a aquellos cuyas luminosas huellas han iluminado el tortuoso sendero de esta empresa intelectual. A mis eminentes mentores, cuyas aportaciones sutiles y sabiduría acendrada han arrojado claridad sobre la senda espinosa de la investigación, les tributo mi más sincero reconocimiento. Vuestra orientación perspicaz y la generosidad de compartir vuestra sapiencia han sido pilares fundamentales en la erigida estructura de este trabajo.

A mis pares académicos, cuyas inteligencias aguzadas y análisis meticulosos han enriquecido el diálogo intelectual que permea estas páginas. Su incansable colaboración y agudo escrutinio han contribuido a la robustez de esta contribución al canon del conocimiento, elevándola a alturas de sofisticación que solo la comunión de mentes comprometidas puede lograr.

A mi familia, fuente inagotable de apoyo incondicional, os rindo homenaje. Vuestra paciencia infinita y vuestra inquebrantable fe han sido mi ancla en los momentos de desafío, y vuestro amor incondicional ha sido la fuerza motriz que ha impulsado este viaje desde sus inicios hasta su culminación.

Agradezco, asimismo, a los custodios de la erudición que administran las vastas bibliotecas de conocimiento, cuyos recursos infinitos han sido faros de información en la travesía de la investigación. Su dedicación para preservar y facilitar el acceso a la sabiduría colectiva es una contribución invaluable al progreso del entendimiento humano.

En un gesto de gratitud hacia la posteridad académica, deposito este trabajo como una ofrenda a la perpetuidad del conocimiento.

RESUMEN

Este estudio se enfoca en mejorar la eficiencia del flujo vehicular en la intersección Avenida 24 de Mayo y 3 de Noviembre, mediante la implementación de un "Ajuste Dinámico de Ciclos" respaldado por la herramienta SUMO. La problemática identificada se centra en la congestión del tráfico, afectando el desempeño de la intersección. La justificación radica en la necesidad de optimizar el uso del espacio vial y reducir tiempos de espera, con un impacto potencial en la movilidad urbana y la calidad de vida de los ciudadanos. El objetivo general es implementar y evaluar la estrategia propuesta. Se trata de un estudio de simulación de tráfico utilizando SUMO. El universo de estudio abarca la intersección mencionada, y el tamaño de la muestra se determina mediante simulaciones detalladas. Se anticipa que la estrategia propuesta generará mejoras significativas en la fluidez del tráfico, con beneficios económicos, sociales y científicos.

Palabras clave: flujo vehicular, regulación semafórica, simulación de tráfico, optimización, SUMO

ABSTRACT

This study aims to enhance the efficiency of vehicular flow at the intersection of 24 de Mayo Avenue and 3 de Noviembre Street by implementing "Dynamic Cycle Adjustment" supported by the Simulation of Urban Mobility (SUMO) tool. The identified problem centers on vehicular congestion, affecting the intersection performance. The rationale lies in optimizing road space utilization and reducing waiting times, potentially impacting urban mobility and citizens' quality of life. This research aims to evaluate and implement the proposed strategy. It is a traffic simulation study using SUMO. The study universe encompasses the mentioned intersection, and the sample size is determined through detailed simulations. The suggested strategy is expected to significantly improve traffic flow, with economic, social, and scientific benefits.

Keywords: vehicular flow, traffic signal regulation, traffic simulation, optimization, SUMO

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>Dedicatoria de autoría y responsabilidad</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
CERTIFICACIÓN	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
1.2. Alcance	2
1.3. Justificación	4
CAPÍTULO 2	5
MARCO TEÓRICO	5
2. Congestión vehicular y sus causas	5
2.1. Definición de congestión vehicular	5
2.2. Causas de la congestión vehicular	5
2.2.1 Estrategias para abordar la congestión vehicular	6
2.3. Efectos de la congestión vehicular en la ciudad y los ciudadanos	7
2.4. Semáforos y tiempos de espera	7
2.5. Definición de semáforos	7
2.5.1 Tipos de Semáforos.....	8
2.5.2 Control de Tráfico en las Intersecciones Viales	8
2.6. Funcionamiento de los semáforos y control del tráfico	9
2.6.1 Control del tráfico	10

2.7.	Tiempos de espera en los semáforos y su impacto en la fluidez vehicular	10
2.8.	Estudios previos sobre la mejora de la fluidez vehicular	11
2.9.	Revisiones de literatura sobre la mejora de la fluidez vehicular	12
2.10.	Métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos	13
2.11.	Estudios de caso sobre la mejora de la fluidez vehicular a través del control de los semáforos	15
2.11.1	Control de semáforos	15
2.11.2	Estudios de Caso	15
2.12.	Propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos	17
2.13.	Modelos de optimización de los tiempos de semáforos	18
2.14.	Evaluación de la propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos	19
CAPÍTULO 3		23
<i>Diagnóstico situacional</i>		<i>23</i>
3. Situación vial de la intersección vial ubicada en la confluencia de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar		23
CAPÍTULO 4		27
4. Desarrollo de la propuesta		27
4.1.	Ajuste Dinámico de Ciclos:	27
4.1.1	Análisis de Datos Impulsa la Acción:	27
4.1.2	Algoritmo Adaptativo: Precisión en Tiempo Real:	27
4.1.3	Integración de Factores Externos:	28
4.2.	Análisis y simulaciones	28
4.2.1	Modelado de Carreteras y Nodos:	28
4.2.2	Modelado de Vehículos y Conductores:	28
4.3.	Simulación de Tráfico:	29
4.3.1	Control de Semáforos y Dispositivos de Regulación:	29
4.3.2	Integración de Algoritmos Externos:	29
4.3.3	Salida y Análisis de Resultados:	29
4.4.	Desarrollo	29

5. CONCLUSIONES.....	44
6. RECOMENDACIONES.....	46
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Seleccin del Mapa de la Interseccion a Analizar.....	30
<i>Figura 2.</i> Configuracion de Parametros para el Mapa	30
<i>Figura 3:</i> Importación de mapa a netedit	31
<i>Figura 4:</i> Mapa a usar para la simulación de escenarios	32
<i>Figura 5:</i> Configuración de semáforos para mapa.....	33
<i>Figura 6:</i> Configuración de semáforos.....	33
<i>Figura 7:</i> Configuración del flujo vehicular	34
<i>Figura 8:</i> Configuración para el flujo 2.....	35
<i>Figura 9:</i> Parámetros para el flujo 2	35
<i>Figura 10:</i> Simulación para primer escenario	36
<i>Figura 11:</i> Simulación para segundo escenario.....	36
<i>Figura 12:</i> Creación de carpeta con los archivos de red vial y configuración de trafico ...	38
<i>Figura 13:</i> Archivo generado para la simulación y obtención de polución.....	38
<i>Figura 14:</i> Archivos generados para el análisis de datos.....	39
<i>Figura 15:</i> Producción de CO2 para muestra de 5000 flujos vehiculares.....	40
<i>Figura 16:</i> Producción de CO2 para muestra seleccionada.....	40
<i>Figura 17:</i> Producción de Nox para muestra seleccionada.....	41
<i>Figura 18:</i> Consumo de combustible para muestra seleccionada.....	42
<i>Figura 19:</i> Generación de ruido para muestra seleccionada.....	42
<i>Figura 20:</i> Generación de colas de tráfico vehicular para muestra seleccionada.....	43

CAPÍTULO 1

INTRODUCCION

La evolución tecnológica ha permitido al ser humano facilitar y agilizar sus diversas actividades. Una de estas actividades es el transporte, mismo que ha ido evolucionando a lo largo de los años. Hoy en día movilizarnos de un lugar a otro resulta más sencillo y el tiempo de llegada se ha reducido (Zavaleta, 2021).

Así también, el transporte ha tenido gran influencia en el desarrollo económico de las poblaciones; no obstante, el crecimiento poblacional y su necesidad de moverse ha llevado a un aumento desmesurado del parque automotriz mismo que ha traído consigo diversos problemas como lo son la contaminación ambiental, ruido y generación de tráfico mismo que conlleva a reducir el dinamismo de la movilidad a la cual en un inicio este transporte ayudaba (Rodríguez et al., 2023).

En las ciudades en crecimiento donde las redes viales aumentan las señales de control de tráfico como lo son los semáforos son fundamentales, la congestión vehicular es un problema cada vez más frecuente y agudo. Los tiempos programados en los semáforos condicionaran que dicho flujo vehicular se lleve a cabo de la manera óptima posible. En este sentido, el tiempo de espera en los semáforos puede ser una de las principales causas de la congestión y la reducción de la fluidez vehicular (León, 2020).

Oblea (2018) menciona que la congestión del tráfico es un problema cada vez más frecuente en las ciudades de todo el mundo. Los vehículos que circulan a paso lento, largas filas y tiempos de espera prolongados en los semáforos son una molestia para los conductores y una fuente de contaminación ambiental. Ante esta situación, es importante buscar soluciones que mejoren la fluidez vehicular y reduzcan el tiempo de viaje.

Uno de los factores que influyen en la eficiencia del tráfico son los semáforos, ya que su tiempo de cambio de luz afecta el ritmo de circulación. En esta tesis se analizará cómo optimizar los tiempos de los semáforos para mejorar la fluidez del tráfico vehicular y reducir los tiempos de espera de los conductores.

Para ello, se realizará un estudio exhaustivo de las condiciones del tráfico en una zona específica de la ciudad de Cañar, se identificarán los puntos críticos y se propondrán ajustes en los tiempos de los semáforos. Los resultados de este estudio serán de gran utilidad para los planificadores urbanos y los responsables del tráfico en la toma de decisiones para mejorar la circulación vehicular.

1.1. Objetivos

Objetivo general

Realizar un estudio para la mejora de la fluidez vehicular en la intersección de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar, mediante un análisis exhaustivo de los tiempos de semáforos, con el propósito de reducir los tiempos de espera, minimizar la congestión vehicular y mejorar la movilidad urbana.

Objetivos específicos

- Medir y documentar el flujo de vehículos en diferentes horarios del día en la intersección de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar.
- Identificar patrones de tráfico, horas pico y puntos críticos de congestión.
- Medir y analizar los tiempos de espera promedio en los semáforos de la intersección.
- Identificar los factores que contribuyen a los tiempos de espera, como el volumen de tráfico, la velocidad de los vehículos y la sincronización de los semáforos.
- Aplicar modelos teóricos de optimización de tiempos de semáforos, considerando la topografía de la zona, el flujo vehicular y las características específicas de la intersección.
- Proponer ajustes concretos en los tiempos de semáforos basados en los resultados del análisis y modelos de optimización.

1.2. Alcance

La fluidez vehicular es un problema recurrente en muchas ciudades, lo que genera congestión en las calles y retrasos en los desplazamientos de las personas. Una de las causas de esta problemática puede ser la falta de sincronización adecuada de los semáforos, lo que puede generar tiempos de espera innecesarios y aumentar los tiempos de viaje. Por tanto, el problema identificado en esta tesis es la necesidad de mejorar la fluidez vehicular mediante el análisis de los tiempos de los semáforos, con el fin de encontrar soluciones que permitan reducir los tiempos de espera y mejorar la movilidad urbana (Osorio, 2018).

La gestión eficiente del tráfico vehicular es una preocupación importante para las ciudades modernas. La implementación de semáforos es una de las soluciones más comunes para regular el flujo vehicular y evitar congestiones. Sin embargo, es necesario evaluar el tiempo de duración de cada fase del semáforo para mejorar la fluidez del tráfico vehicular. El objetivo de este estudio es analizar estudios previos relacionados con la optimización de los tiempos de semáforos para mejorar la fluidez vehicular.

En un estudio realizado por Chen y Ma (2018), se utilizó un modelo de optimización basado en la teoría de juegos para encontrar la configuración óptima de los tiempos de semáforos en una intersección de tráfico. Los resultados mostraron que la implementación de esta estrategia mejoró significativamente la eficiencia del tráfico vehicular en comparación con la configuración de tiempos de semáforos fijos.

Por otro lado, un estudio llevado a cabo por Guo et al. (2019) examinó la influencia de las condiciones de tráfico y la configuración de los tiempos de semáforos en el rendimiento del flujo vehicular. Los resultados indicaron que el ajuste dinámico de los tiempos de semáforos basado en el volumen de tráfico actual puede mejorar la capacidad de la intersección y reducir la espera de los conductores.

En una investigación más reciente, realizado por Zhou et al. (2021), se propuso un método de ajuste de los tiempos de semáforos en tiempo real utilizando un algoritmo de aprendizaje por refuerzo profundo. Los resultados demostraron que este enfoque mejoró significativamente la eficiencia del flujo vehicular y redujo la espera de los conductores en comparación con la configuración de tiempos de semáforos fijos.

La situación actual del tráfico vehicular en la provincia del Cañar es un problema que afecta a muchas ciudades y zonas urbanas. La congestión del tráfico puede generar problemas importantes como la pérdida de tiempo y productividad, el aumento del estrés y la frustración en los conductores, así como un mayor consumo de combustible y la contaminación del aire.

Ante esta situación, la presente tesis se enfoca en analizar los tiempos de semáforos con el fin de mejorar la fluidez vehicular. Los semáforos son una herramienta importante para regular el tráfico en las zonas urbanas, pero un mal ajuste de los tiempos de los semáforos puede generar mayores congestiones en las vías.

Es importante destacar que la situación del tráfico en la provincia del cañar varía en función de la ciudad o zona en la que se encuentre. Por ejemplo, en las ciudades más grandes como Quito o Guayaquil, la situación del tráfico puede ser bastante compleja debido a la gran cantidad de vehículos y la falta de infraestructura adecuada para el transporte público.

El análisis de los tiempos de semáforos en las zonas urbanas es un enfoque interesante para mejorar la fluidez vehicular, ya que permite determinar cuánto tiempo un semáforo debe permanecer en verde para permitir un tráfico más fluido y evitar la congestión. Además, un análisis adecuado también puede ayudar a reducir la contaminación del aire y el consumo de combustible, lo que es beneficioso tanto para el medio ambiente como para los conductores (Cárdenas, 2023).

La tesis propone la realización de un estudio en la ciudad de Cañar para analizar los tiempos de semáforos. Este estudio incluirá la medición del flujo de vehículos, los tiempos de espera en los semáforos y la identificación de posibles cuellos de botella en las vías.

Una vez que se hayan recopilado los datos, se utilizarán técnicas de análisis de datos para determinar los tiempos ideales de semáforo en esta zona. Estos tiempos se ajustarán en consecuencia para mejorar la fluidez vehicular y reducir los tiempos de espera.

Un análisis adecuado de los tiempos de semáforos puede contribuir a reducir la congestión, la contaminación y el consumo de combustible, lo que es beneficioso tanto para los conductores como para el medio ambiente.

1.3. Justificación

La congestión vehicular es un problema común en las ciudades modernas que causa una variedad de problemas, como el aumento del tiempo de viaje, la disminución de la calidad del aire, el aumento de los costos de combustible y el estrés en los conductores. Para abordar este problema, es necesario examinar los factores que contribuyen a la congestión, y una de las principales causas es la falta de coordinación de los semáforos (Zunino, 2018).

El objetivo de este estudio es mejorar la fluidez vehicular analizando los tiempos de semáforos en una zona urbana específica. El análisis de los tiempos de semáforos puede ayudar a determinar si están sincronizados adecuadamente y si se ajustan a la demanda de tráfico en diferentes momentos del día.

La justificación para este estudio se basa en la necesidad de mejorar la movilidad urbana y reducir los costos asociados con la congestión vehicular. Además, la mejora de la fluidez vehicular puede tener un impacto positivo en la seguridad vial y en la calidad del aire, lo que a su vez puede mejorar la calidad de vida de las personas que viven y trabajan en la zona urbana en cuestión.

Este estudio puede proporcionar recomendaciones específicas para mejorar la coordinación de los semáforos en la zona urbana en cuestión, lo que puede incluir ajustes en los tiempos de los semáforos para reducir los tiempos de espera de los conductores y mejorar el flujo de tráfico. Además, los resultados de este estudio pueden tener aplicaciones más amplias para otras zonas urbanas que enfrentan problemas similares de congestión vehicular.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. Congestión vehicular y sus causas

La congestión vehicular es un problema que afecta a muchas ciudades en todo el mundo. El aumento del número de vehículos en las carreteras y el crecimiento de las áreas urbanas han contribuido a que la congestión vehicular sea cada vez más frecuente. Este problema no solo causa estrés y retrasos para los conductores, sino que también tiene un impacto negativo en la economía, el medio ambiente y la calidad de vida de las personas (Verdezoto, et al., 2020). En este marco teórico se presentarán las principales causas de la congestión vehicular y las estrategias que se pueden utilizar para abordar este problema.

2.1. Definición de congestión vehicular

La congestión vehicular según Moreira et al. (2018) es un problema común en las ciudades y áreas metropolitanas, que se produce cuando la demanda de transporte excede la capacidad de las vías. Este problema se ha convertido en un gran desafío para los planificadores urbanos, ya que afecta la eficiencia del transporte, el tiempo de viaje y la calidad del aire en las ciudades. En este marco teórico, se proporcionará una definición detallada de la congestión vehicular y se analizarán las causas, efectos y soluciones propuestas para reducir la congestión vehicular en las áreas urbanas.

La congestión vehicular se define como la situación en la que la demanda de tráfico en una determinada carretera o vía excede su capacidad de flujo, lo que resulta en una disminución de la velocidad y un aumento del tiempo de viaje. La congestión vehicular también se puede definir como la situación en la que la velocidad promedio del tráfico es menor que el límite de velocidad en una carretera determinada.

2.2. Causas de la congestión vehicular

Existen varias causas de la congestión vehicular, como la falta de infraestructura adecuada, el aumento de la población, el aumento del uso de vehículos privados, la falta de opciones de transporte público, la falta de planificación urbana y la falta de coordinación entre los semáforos. La congestión vehicular también puede ser causada por accidentes de tráfico, obras en las carreteras y condiciones climáticas adversas.

Hay varias causas que contribuyen a la congestión vehicular. Algunas de las principales son:

Aumento del número de vehículos: El creciente número de vehículos en las carreteras es una de las causas más importantes de la congestión vehicular. El aumento de la población y la urbanización han llevado a un aumento de la cantidad de vehículos en circulación.

Problemas de infraestructura: Las carreteras mal diseñadas o en mal estado pueden aumentar la congestión vehicular. Las obras en las carreteras o la falta de mantenimiento también pueden contribuir a la congestión.

Accidentes de tráfico: Los accidentes de tráfico pueden causar congestionamiento en las carreteras y retrasos para los conductores. Además, pueden generar cierres parciales o totales de las vías.

Condiciones climáticas: Las condiciones climáticas extremas, como la lluvia intensa o la nieve, pueden causar accidentes de tráfico y retrasos en el tráfico.

Comportamiento de los conductores: El comportamiento de los conductores, como conducir a altas velocidades, cambiar de carril de forma constante, no respetar las señales de tráfico y no mantener una distancia segura con otros vehículos, también puede contribuir a la congestión vehicular.

2.2.1 Estrategias para abordar la congestión vehicular

Hay varias estrategias que se pueden utilizar para abordar la congestión vehicular. Algunas de las principales son:

Mejora de la infraestructura: La construcción de nuevas carreteras y la mejora de las existentes pueden ayudar a reducir la congestión vehicular. La construcción de carriles exclusivos para transporte público y bicicletas también puede ser efectiva.

Transporte público: Fomentar el uso del transporte público puede ayudar a reducir la cantidad de vehículos en las carreteras y, por lo tanto, reducir la congestión vehicular. La mejora de la infraestructura del transporte público, la implementación de tarifas más asequibles y la ampliación de la cobertura del transporte público son algunas de las medidas que se pueden tomar para fomentar su uso.

Carpooling: Fomentar el carpooling o uso compartido del automóvil también puede ayudar a reducir la cantidad de vehículos en las carreteras y, por lo tanto, reducir la congestión vehicular.

Uso de tecnología: La implementación de tecnología en las carreteras, como semáforos inteligentes y sistemas de navegación, puede ayudar a reducir la congestión vehicular.

2.3. Efectos de la congestión vehicular en la ciudad y los ciudadanos

Existen varias causas de la congestión vehicular, como la falta de infraestructura adecuada, el aumento de la población, el aumento del uso de vehículos privados, la falta de opciones de transporte público, la falta de planificación urbana y la falta de coordinación entre los semáforos. La congestión vehicular también puede ser causada por accidentes de tráfico, obras en las carreteras y condiciones climáticas adversas.

Existen varias soluciones propuestas para reducir la congestión vehicular en las áreas urbanas. Una solución común es mejorar el transporte público para que más personas opten por usarlo en lugar de vehículos privados. Otra solución es mejorar la infraestructura de las carreteras y vías para que puedan manejar más tráfico. También se pueden mejorar los sistemas de semáforos y la coordinación entre ellos para reducir el tiempo de espera y mejorar la fluidez del tráfico.

2.4. Semáforos y tiempos de espera

En la programación de sistemas operativos, los semáforos son una herramienta fundamental para la sincronización y coordinación de procesos y recursos. Los semáforos permiten el acceso controlado a recursos compartidos por procesos concurrentes y evitan condiciones de carrera y bloqueos de recursos.

Los tiempos de espera son el tiempo que un proceso debe esperar para adquirir un semáforo que está en estado rojo. Los tiempos de espera pueden ser muy variables y dependen de varios factores, como el número de procesos que intentan acceder al recurso compartido, la prioridad de los procesos y el algoritmo de planificación utilizado por el sistema operativo.

Cuando un proceso tiene que esperar demasiado tiempo para adquirir un semáforo, puede provocar problemas como bloqueos y problemas de rendimiento. Por lo tanto, es importante minimizar los tiempos de espera para evitar estos problemas.

Sin embargo, el uso inadecuado de semáforos puede provocar problemas como inanición, bloqueos y problemas de rendimiento. Por lo tanto, es importante comprender los conceptos básicos de los semáforos y los tiempos de espera para implementar sistemas operativos eficientes y seguros.

2.5. Definición de semáforos

Los semáforos son dispositivos de control de tráfico que regulan el flujo vehicular en las intersecciones viales. Estos dispositivos son esenciales para garantizar la seguridad de los conductores y peatones y mejorar la fluidez vehicular en las zonas urbanas. En este marco

teórico, se presentarán las definiciones de los semáforos y los diferentes tipos de control de tráfico utilizados en las intersecciones viales.

Según Gajardo y Hernández (2014), un semáforo es un dispositivo de control de tráfico que utiliza luces de diferentes colores para indicar a los conductores cuándo detenerse, cuándo avanzar y cuándo tener precaución. El semáforo consta de tres luces principales: rojo, amarillo y verde. El color rojo indica que los conductores deben detenerse, el amarillo indica que los conductores deben tener precaución y el verde indica que los conductores pueden avanzar.

2.5.1 Tipos de Semáforos

Existen varios tipos de semáforos utilizados en las intersecciones viales. Según Moreno, Borrachero y García (2017), los semáforos se pueden clasificar en función de su forma, tamaño, color y tecnología. Los semáforos pueden ser circulares, cuadrados o rectangulares. Además, los semáforos también pueden variar en tamaño, desde pequeñas luces de tráfico hasta grandes paneles de señalización.

2.5.2 Control de Tráfico en las Intersecciones Viales

Además de los semáforos, existen otros métodos utilizados para controlar el tráfico en las intersecciones viales. Según Oliva, García y Tormos (2017), algunos de los métodos más comunes incluyen:

Señales de tráfico: Las señales de tráfico se utilizan para indicar a los conductores las regulaciones de tráfico, como límites de velocidad, direcciones de tráfico y restricciones de estacionamiento.

Marcas de pavimento: Las marcas de pavimento se utilizan para indicar a los conductores las líneas de carriles, los cruces peatonales y otras regulaciones de tráfico.

Controladores de tráfico: Los controladores de tráfico se utilizan para regular el flujo de tráfico mediante la configuración de los tiempos de los semáforos y la coordinación del tráfico en las intersecciones viales.

En conclusión, los semáforos son dispositivos esenciales para el control del tráfico en las intersecciones viales. Los semáforos se clasifican en diferentes tipos según su forma, tamaño, color y tecnología. Además, existen otros métodos utilizados para controlar el tráfico en las intersecciones viales, como las señales de tráfico, las marcas de pavimento y los controladores de tráfico.

Comprender el funcionamiento y la utilización adecuada de estos dispositivos y métodos es esencial para mejorar la fluidez vehicular y garantizar la seguridad de los conductores y peatones en las zonas urbanas.

2.6. Funcionamiento de los semáforos y control del tráfico

El tráfico vehicular es un problema recurrente en las ciudades de todo el mundo, y los semáforos son una herramienta fundamental para regular y controlar el flujo de vehículos en las vías. La optimización de los tiempos de semáforos puede mejorar significativamente la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de espera para los conductores. Este estudio tiene como objetivo analizar los tiempos de semáforos y proponer estrategias para mejorar la fluidez vehicular en la ciudad.

Los semáforos son dispositivos de señalización que indican a los conductores cuándo detenerse, cuándo avanzar y cuándo reducir la velocidad en las intersecciones viales. Según la Asociación Americana de Señalización de Tráfico y Carreteras (ATSSA, 2006), los semáforos están diseñados para cumplir con cuatro objetivos principales:

- Controlar el flujo de tráfico en la intersección.
- Proporcionar una indicación clara y comprensible para los conductores.
- Proporcionar una indicación clara y comprensible para los peatones.
- Proporcionar un sistema seguro y confiable de control de tráfico.

Los semáforos funcionan mediante un sistema de control que cambia los colores de las luces en ciclos preestablecidos. La mayoría de los semáforos utilizan un controlador centralizado que administra el tiempo de cada ciclo de luz y coordina el flujo de tráfico entre las intersecciones. Según la ATSSA (2006), un ciclo típico de semáforo consta de tres partes: verde, amarillo y rojo.

Durante la fase verde, los conductores pueden avanzar a través de la intersección. La duración de la fase verde está determinada por la cantidad de tráfico en la vía y la velocidad de los vehículos. El tiempo de fase verde también puede variar según la hora del día o el día de la semana.

Durante la fase amarilla, los conductores deben reducir la velocidad y prepararse para detenerse. La duración de la fase amarilla suele ser de unos pocos segundos para permitir que los vehículos que se acercan a la intersección detengan de manera segura.

Durante la fase roja, los conductores deben detenerse completamente en la intersección. La duración de la fase roja también está determinada por la cantidad de tráfico en la vía y la velocidad de los vehículos.

2.6.1 Control del tráfico

El control del tráfico es una disciplina que se encarga de regular y administrar el flujo de vehículos en las vías públicas. Según el Manual de Dispositivos Uniformes de Señalización de Tráfico (MUTCD, 2009), el control del tráfico se divide en tres categorías principales:

Control de acceso: se utiliza para controlar el acceso a las vías y las entradas y salidas de los estacionamientos y las carreteras.

Control de tráfico: se utiliza para regular el flujo de vehículos en las vías, incluyendo los semáforos, las señales de tráfico y las marcas viales.

Control de velocidad: se utiliza para regular la velocidad de los automóviles dentro de la ciudad y en vías interestatales.

2.7. Tiempos de espera en los semáforos y su impacto en la fluidez vehicular

El tráfico vehicular en las ciudades es un problema complejo y multifactorial que afecta la calidad de vida de las personas, la economía y el medio ambiente. Uno de los principales factores que influyen en la fluidez del tráfico es el tiempo de espera en los semáforos. El presente marco teórico tiene como objetivo proporcionar una revisión completa de los estudios realizados sobre los tiempos de espera en los semáforos y su impacto en la fluidez vehicular.

Los semáforos son dispositivos que regulan el tráfico vehicular en las intersecciones. El tiempo de espera en los semáforos es el tiempo que los conductores deben detenerse en una intersección debido a la señal de un semáforo. Según Hadas et al. (2018), el tiempo de espera en los semáforos es uno de los principales factores que afectan la velocidad y la fluidez del tráfico vehicular.

Varios estudios han demostrado que los tiempos de espera en los semáforos tienen un impacto significativo en la fluidez vehicular. Según Wang y Chen (2019), los tiempos de espera prolongados en los semáforos pueden causar congestión de tráfico, retrasos y aumento de los tiempos de viaje. Además, los tiempos de espera también afectan la seguridad vial, ya que los conductores pueden sentirse frustrados y tomar decisiones arriesgadas para evitar el tiempo de espera.

Varios factores pueden influir en los tiempos de espera en los semáforos. Uno de los principales factores es el volumen de tráfico. Según Wang y Chen (2019), el volumen de tráfico en una intersección puede afectar la duración de los ciclos de semáforos y, por lo tanto, el tiempo de espera. Otro factor importante es el diseño de la intersección y la señalización de los semáforos. Según Elhenawy y Rakha (2016), el diseño de la intersección y la señalización

de los semáforos pueden influir en la duración de los ciclos de semáforos y, por lo tanto, en los tiempos de espera.

Existen varias estrategias para mejorar la fluidez vehicular en las intersecciones. Según Hadas et al. (2018), una estrategia es la implementación de sistemas de semáforos inteligentes que puedan ajustar la duración de los ciclos de semáforos según las condiciones del tráfico en tiempo real. Otra estrategia es la implementación de carriles exclusivos para ciertos tipos de vehículos, como los buses, para reducir el impacto del tráfico en la velocidad de estos vehículos.

En conclusión, los tiempos de espera en los semáforos tienen un impacto significativo en la fluidez vehicular. Los factores que influyen en los tiempos de espera incluyen el volumen de tráfico y el diseño de la intersección y la señalización de los semáforos.

2.8. Estudios previos sobre la mejora de la fluidez vehicular

El tráfico vehicular es un fenómeno complejo que involucra múltiples factores, tales como el número de vehículos, el comportamiento del conductor, las condiciones climáticas y el diseño de las vías. Un factor crucial en la fluidez vehicular es el tiempo de los semáforos. El objetivo de este estudio es mejorar la fluidez vehicular analizando los tiempos de semáforos.

La literatura previa ha investigado los efectos de los tiempos de semáforos en la fluidez vehicular. Según Sánchez-González y García-Rodríguez (2015), la sincronización de semáforos puede mejorar la capacidad de las vías y reducir los tiempos de viaje. Los autores demostraron que la sincronización de semáforos en una carretera principal mejoró la velocidad promedio y redujo los tiempos de espera en los semáforos.

En un estudio realizado por Zhao et al. (2017), se analizó la relación entre los tiempos de semáforos y la eficiencia del tráfico. Los resultados mostraron que una sincronización adecuada de semáforos puede mejorar significativamente la velocidad promedio y reducir los tiempos de espera en las intersecciones.

Por otro lado, Zhang et al. (2020) investigaron los efectos de la tecnología de semáforos inteligentes en la fluidez vehicular. Los resultados mostraron que la tecnología de semáforos inteligentes puede mejorar la eficiencia del tráfico y reducir los tiempos de espera en los semáforos.

En un estudio realizado por Dakhli et al. (2019), se analizó la eficacia de los sistemas de control de semáforos en tiempo real en la fluidez vehicular. Los resultados mostraron que los sistemas de control de semáforos en tiempo real pueden mejorar la eficiencia del tráfico y reducir los tiempos de espera en los semáforos.

En resumen, la literatura previa ha demostrado que los tiempos de semáforos son un factor importante en la fluidez vehicular. La sincronización adecuada de los semáforos puede mejorar la velocidad promedio y reducir los tiempos de espera en las intersecciones. Además, la tecnología de semáforos inteligentes y los sistemas de control de semáforos en tiempo real también pueden mejorar significativamente la eficiencia del tráfico. En consecuencia, este estudio tiene como objetivo mejorar la fluidez vehicular analizando los tiempos de semáforos, con el objetivo de proporcionar recomendaciones para optimizar los tiempos de semáforos en las vías y mejorar la fluidez vehicular.

2.9. Revisiones de literatura sobre la mejora de la fluidez vehicular

El flujo vehicular es uno de los principales problemas de tráfico en las grandes ciudades, lo que puede generar congestión, retrasos y accidentes. La mejora de la fluidez vehicular es, por lo tanto, un tema crítico de investigación en el campo de la ingeniería de tráfico y transporte. En este marco teórico, se examinarán las principales investigaciones y estudios realizados sobre la mejora de la fluidez vehicular, centrándose en las soluciones y estrategias empleadas para reducir la congestión y mejorar la eficiencia del tráfico.

La fluidez vehicular se refiere a la capacidad del tráfico para moverse de manera continua y sin interrupciones en una vía determinada. Según Barceló (2015), la fluidez vehicular se puede medir en términos de la velocidad media, el tiempo de viaje, el número de vehículos que pueden pasar por una vía en un período determinado y el nivel de congestión. Por lo tanto, la mejora de la fluidez vehicular implica la reducción del tiempo de viaje, el aumento de la velocidad media, el aumento de la capacidad de la vía y la reducción de la congestión.

Factores que afectan la fluidez vehicular

Diferentes factores pueden afectar la fluidez vehicular. Según Kerner (2013), los factores que afectan la fluidez vehicular incluyen el número de vehículos que circulan por una vía, la velocidad a la que se mueven los vehículos, la distancia entre vehículos y la habilidad de los conductores para mantener una velocidad constante y seguir las normas de tráfico. También hay otros factores externos, como el clima y los accidentes de tráfico, que pueden afectar la fluidez vehicular.

Estrategias para mejorar la fluidez vehicular

La mejora de la fluidez vehicular es un problema complejo que requiere de soluciones y estrategias eficientes. A continuación, se describen las principales estrategias empleadas en la literatura para mejorar la fluidez vehicular.

Mejoras en la infraestructura vial

Las mejoras en la infraestructura vial pueden tener un impacto significativo en la fluidez vehicular. Una revisión realizada por Wang et al. (2019) señala que la mejora de los diseños de intersecciones y rotondas, la construcción de carriles exclusivos para buses y la implementación de señales inteligentes pueden mejorar la fluidez del tráfico y reducir la congestión.

Control de acceso

El control de acceso implica limitar el acceso a ciertas áreas a vehículos específicos, como taxis o vehículos de emergencia. Esto puede ayudar a reducir la congestión y mejorar la fluidez vehicular. Según una revisión realizada por Jiang et al. (2019), la implementación de zonas de acceso limitado en áreas urbanas puede ser una estrategia eficaz para mejorar la fluidez vehicular.

Gestión del tráfico

La gestión del tráfico es una estrategia integral para mejorar la fluidez vehicular. Esto implica la implementación de sistemas de señalización y semáforos eficientes, la regulación de los flujos de tráfico y la promoción del uso de transporte público. Según una revisión realizada por Zhang et al. (2020), la implementación de sistemas de gestión del tráfico inteligentes puede reducir la congestión y mejorar la fluidez vehicular.

Tecnologías inteligentes de transporte

Las tecnologías inteligentes de transporte, como los sistemas de navegación por satélite, los sistemas de información al conductor y los sistemas de pago electrónico, pueden mejorar la fluidez vehicular al reducir la congestión y mejorar la eficiencia del tráfico. Según una revisión realizada por Wang et al. (2019), la implementación de tecnologías de transporte inteligentes puede mejorar la fluidez vehicular y reducir los tiempos de viaje.

Planificación del transporte urbano

La planificación del transporte urbano es una estrategia a largo plazo para mejorar la fluidez vehicular. Esto implica la planificación y construcción de sistemas de transporte público eficientes y la promoción del uso de medios de transporte alternativos, como bicicletas y peatones. Según una revisión realizada por Jiang et al. (2019), la planificación del transporte urbano puede mejorar la fluidez vehicular a largo plazo y reducir la congestión.

2.10. Métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos

Los semáforos son dispositivos de control del tráfico que se utilizan en intersecciones viales para regular el flujo de vehículos y peatones. Una de las principales preocupaciones de los usuarios de la vía es el tiempo de espera en los semáforos, ya que esto puede afectar la

eficiencia del tráfico y la calidad de vida de las personas. Por lo tanto, es importante contar con métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos que permitan evaluar y mejorar su desempeño. En este apartado se revisarán los principales métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos, su importancia y aplicaciones.

En la literatura, se han desarrollado diversos métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos. Entre los más comunes se encuentran:

Métodos basados en la observación directa: Consisten en la medición directa del tiempo de espera de los vehículos en un semáforo mediante la observación visual. Estos métodos pueden ser subjetivos y depender de la percepción del observador, por lo que se recomienda realizar varias observaciones para obtener una medida más precisa. Además, pueden ser costosos y consumir mucho tiempo, por lo que se utilizan principalmente en estudios piloto o de pequeña escala.

Métodos basados en simulación: Consisten en la creación de un modelo matemático del tráfico que incluye el comportamiento de los vehículos, los semáforos y otros elementos del sistema de transporte. Este modelo se utiliza para simular el flujo de tráfico y medir el tiempo de espera de los vehículos en diferentes condiciones. Estos métodos son más precisos y eficientes que los métodos basados en la observación directa, pero requieren de conocimientos avanzados de matemáticas y programación para su implementación.

Métodos basados en la medición del tráfico: Consisten en la medición del flujo de tráfico y la velocidad de los vehículos en un semáforo mediante la instalación de sensores en la vía. Estos métodos permiten obtener información en tiempo real sobre el desempeño del semáforo y la congestión del tráfico, lo que facilita la toma de decisiones y la optimización del sistema. Sin embargo, pueden ser costosos y requerir de permisos y autorizaciones para su instalación.

Métodos basados en encuestas de opinión: Consisten en la aplicación de encuestas a los usuarios de la vía para obtener información sobre su percepción del tiempo de espera en los semáforos. Estos métodos pueden ser útiles para identificar las áreas de mayor preocupación de los usuarios y mejorar la comunicación con ellos. Sin embargo, pueden ser subjetivos y no reflejar con precisión la realidad del tráfico.

Los métodos de análisis de los tiempos de espera en semáforos son herramientas útiles para evaluar y mejorar el desempeño de los sistemas de transporte. Cada método tiene sus ventajas y desventajas, por lo que es importante seleccionar el más adecuado en función de las necesidades y recursos disponibles. En general, se recomienda combinar varios métodos para obtener una visión más completa del problema y tomar decisiones informadas.

2.11. Estudios de caso sobre la mejora de la fluidez vehicular a través del control de los semáforos

El control del tráfico vehicular es uno de los mayores retos para las ciudades. Una de las estrategias más comunes para mejorar la fluidez del tráfico es el control de semáforos, ya que estos dispositivos permiten regular el tránsito en intersecciones y calles con alto flujo vehicular. En este marco teórico, se presentarán diferentes estudios de caso que han evaluado el impacto de diferentes estrategias de control de semáforos en la mejora de la fluidez vehicular.

2.11.1 Control de semáforos

El control de semáforos es una técnica utilizada para regular el tránsito vehicular y peatonal en intersecciones y cruces de calles. Existen diferentes tipos de control de semáforos, entre los que se incluyen el control fijo, el control adaptativo y el control inteligente. El control fijo es el más común y se basa en un patrón preestablecido de tiempos de luz verde, amarilla y roja. El control adaptativo utiliza sensores para ajustar los tiempos de los semáforos en función del flujo de tráfico en tiempo real. El control inteligente, por otro lado, utiliza algoritmos y tecnología avanzada para optimizar el tráfico en tiempo real.

2.11.2 Estudios de Caso

A continuación, se presentarán algunos estudios de caso que han evaluado diferentes estrategias de control de semáforos para mejorar la fluidez vehicular.

Estudio de caso en la ciudad de Beijing, China

En un estudio realizado en la ciudad de Beijing, se evaluó el impacto del control adaptativo de semáforos en la fluidez vehicular. Los resultados mostraron que la implementación del control adaptativo permitió reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 20%, lo que se tradujo en una reducción del 12% en los tiempos de viaje en las rutas evaluadas (Zheng, Chen y Shao, 2015).

Estudio de caso en la ciudad de Lyon, Francia

En un estudio realizado en la ciudad de Lyon, se evaluó el impacto del control inteligente de semáforos en la fluidez vehicular. Los resultados mostraron que la implementación del control inteligente permitió reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 40%, lo que se tradujo en una reducción del 20% en los tiempos de viaje en las rutas evaluadas (Kucharski, Poulhès y Richet, 2017).

Estudio de caso en la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos

En un estudio realizado en la ciudad de Los Ángeles, se evaluó el impacto del control de semáforos en tiempo real en la fluidez vehicular. Los resultados mostraron que la

implementación del control en tiempo real permitió reducir los tiempos de espera en los semáforos en un 23%, lo que se tradujo en una reducción del 10% en los tiempos de viaje en las rutas evaluadas (Bhavsar, 2016).

La fluidez vehicular es un tema importante en las grandes ciudades del mundo, y Ecuador no es una excepción. El control de semáforos es una de las herramientas más utilizadas para mejorar la fluidez vehicular, pero su efectividad puede variar según la configuración del tráfico y las condiciones de la carretera. En este marco teórico, se explorarán varios estudios de caso que analizan la mejora de la fluidez vehicular a través del control de semáforos en Ecuador.

Control de semáforos

El control de semáforos es una técnica que se utiliza para regular el flujo de tráfico en una intersección. Los semáforos pueden ser controlados por temporizadores, detectores de presencia, o una combinación de ambos. Los temporizadores son ajustados para permitir que cierto número de vehículos pasen por la intersección en un determinado periodo de tiempo, mientras que los detectores de presencia utilizan sensores para detectar la presencia de vehículos en la intersección y ajustar el tiempo del semáforo en consecuencia.

Los semáforos pueden mejorar la fluidez vehicular al reducir la congestión en las intersecciones y mejorar la seguridad vial al reducir el número de accidentes. Sin embargo, la efectividad de los semáforos puede variar según la configuración del tráfico y las condiciones de la carretera.

Estudio de caso en la ciudad de Quito, Ecuador

En un estudio realizado por C. S. Morán y J. F. Albuja (2019), se evaluó la efectividad de los semáforos en la ciudad de Quito. Los resultados mostraron que la mayoría de los semáforos eran controlados por temporizadores y que la mayoría de las intersecciones estaban congestionadas durante las horas pico. Además, se encontró que la coordinación de semáforos a lo largo de una carretera principal mejoró la fluidez vehicular en un 26%.

Estudio de caso en la ciudad de Guayaquil, Ecuador

En otro estudio realizado por D. L. López et al. (2017), se evaluó la efectividad de los semáforos en la ciudad de Guayaquil. Los resultados mostraron que los semáforos controlados por detectores de presencia mejoraron la fluidez vehicular en un 20% en comparación con los semáforos controlados por temporizadores. Además, se encontró que la sincronización de semáforos a lo largo de una carretera principal mejoró la fluidez vehicular en un 35%.

Estudio de caso en la ciudad de Cuenca, Ecuador

En un tercer estudio realizado por J. H. Cabrera et al. (2018), se evaluó la efectividad de los semáforos en la ciudad de Cuenca. Los resultados mostraron que la coordinación de semáforos a lo largo de una carretera principal mejoró la fluidez vehicular en un 25%. Además, se encontró que los semáforos controlados por temporizadores eran más efectivos en intersecciones de baja intensidad de tráfico, mientras que los semáforos controlados por detectores de presencia eran más efectivos en intersecciones de alta intensidad de tráfico.

En general, los estudios de caso presentados muestran que la implementación de estrategias de control de semáforos puede tener un impacto significativo en la mejora del flujo vehicular en las ciudades con alta congestión.

2.12. Propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos

La fluidez vehicular en las ciudades es un tema crucial para garantizar la movilidad de las personas y la economía de las zonas urbanas. Uno de los factores más relevantes para lograr una circulación eficiente es la sincronización de los semáforos, ya que su correcta optimización permite una mejor coordinación entre los vehículos y, por ende, una circulación más fluida. En este punto se presentan los principales conceptos relacionados con la optimización de los tiempos de semáforos y cómo esto puede mejorar la fluidez vehicular.

Optimización de los tiempos de semáforos

La optimización de los tiempos de semáforos consiste en ajustar los intervalos de tiempo entre los cambios de señalización de los semáforos de tal forma que se maximice la capacidad de tráfico de la intersección. Para lograr esto, se utilizan modelos matemáticos y programas de computadora que tienen en cuenta factores como el volumen de tráfico, la velocidad de los vehículos, el tipo de intersección, entre otros. La optimización de los tiempos de semáforos puede lograrse mediante la implementación de sistemas de control de tráfico inteligente que permiten una sincronización adecuada de los semáforos.

Fluidez vehicular

La fluidez vehicular se refiere a la capacidad de los vehículos para circular sin interrupciones, reducciones de velocidad o detenciones no planificadas. Cuando hay una circulación fluida, los vehículos pueden llegar a su destino de manera más rápida y eficiente, lo que se traduce en una mejoría en la calidad de vida de las personas y en la economía de la ciudad.

Normativas y regulaciones

La optimización de los tiempos de semáforos y la implementación de sistemas de control de tráfico inteligente se encuentran regulados por diversas normativas y regulaciones en

diferentes países y ciudades. En algunos casos, existen leyes y regulaciones específicas que rigen la planificación, diseño y operación de sistemas de control de tráfico y la gestión de la circulación vehicular. Es importante que las propuestas de mejora de la fluidez vehicular cumplan con estas normativas para garantizar su viabilidad y efectividad.

Sistemas de control de tráfico inteligente

Los sistemas de control de tráfico inteligente (ITS, por sus siglas en inglés) son herramientas que utilizan tecnología avanzada para gestionar y optimizar el tráfico vehicular en tiempo real. Estos sistemas permiten la recopilación de información sobre el tráfico, la gestión de los semáforos y la coordinación de los vehículos en tiempo real, lo que puede mejorar la seguridad vial y la eficiencia de la circulación vehicular. Los ITS también pueden utilizarse para gestionar el flujo de peatones y ciclistas, lo que contribuye a la creación de una ciudad más sostenible.

Para llevar a cabo la optimización de los tiempos de semáforos, se requiere realizar un estudio detallado del flujo vehicular en las intersecciones clave de la ciudad. Este estudio debe incluir la medición del flujo de vehículos en diferentes horarios del día, así como la identificación de los puntos críticos de congestión. Con esta información, se puede diseñar un plan para ajustar los tiempos de los semáforos, de manera que se optimice el flujo vehicular.

La optimización de los tiempos de semáforos permite mejorar la fluidez vehicular en las intersecciones clave de la ciudad. Al ajustar los tiempos de los semáforos de acuerdo con el flujo vehicular, se reduce el tiempo de espera en los semáforos y se aumenta la capacidad de la vía. Esto se traduce en una reducción de la congestión vehicular y en una mejora de la movilidad urbana.

La mejora de los tiempos de semáforos es una estrategia efectiva para mejorar la fluidez vehicular en las ciudades. Es importante llevar a cabo un estudio detallado del flujo vehicular en las intersecciones clave de la ciudad para poder diseñar un plan de optimización adecuado. La implementación de esta estrategia requiere una coordinación efectiva entre las autoridades de tránsito y los ciudadanos, y puede generar una mejora significativa en la movilidad urbana.

2.13. Modelos de optimización de los tiempos de semáforos

La optimización de los tiempos de los semáforos es un tema crítico en la gestión del tráfico vehicular en todo el mundo. Una de las formas más eficaces de mejorar la circulación vehicular es a través de la utilización de modelos de optimización de los tiempos de semáforos. Este apartado tiene como objetivo analizar algunos de los modelos de optimización de semáforos más comunes utilizados en todo el mundo para mejorar el flujo de tráfico vehicular.

Modelos de optimización de Semáforos:

Modelo de programación dinámica:

El modelo de programación dinámica es otro modelo comúnmente utilizado para optimizar los tiempos de semáforos en todo el mundo. Este modelo se basa en la idea de que los tiempos de semáforos deben ser actualizados constantemente en función del flujo de tráfico actual. El objetivo principal de este modelo es maximizar el flujo de tráfico a través de la intersección.

2.14. Evaluación de la propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos

Conceptos fundamentales:

El análisis de los tiempos de espera en los semáforos se basa en varios conceptos fundamentales, como el flujo de tráfico, la capacidad de las vías, la velocidad de los vehículos y los tiempos de ciclo de los semáforos.

El flujo de tráfico se refiere a la cantidad de vehículos que circulan por una determinada vía en un período de tiempo determinado. La capacidad de las vías se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar por una determinada sección de la carretera en un período de tiempo determinado. La velocidad de los vehículos está influenciada por varios factores, como el tipo de vehículo, la carga de tráfico y la calidad de la carretera. Los tiempos de ciclo de los semáforos se refieren al tiempo que tarda un semáforo en completar un ciclo completo, incluyendo el tiempo de luz verde, amarilla y roja.

Modelos de análisis de tiempos de espera:

Existen varios modelos teóricos para analizar los tiempos de espera en los semáforos. Uno de los más utilizados es el modelo de congestión de la red, que se basa en la teoría de la congestión del tráfico. Este modelo se utiliza para predecir los tiempos de espera de los vehículos en una red de carreteras en función del flujo de tráfico, la capacidad de la carretera y la velocidad de los vehículos.

Otro modelo comúnmente utilizado es el modelo de análisis de capacidad, que se utiliza para determinar la capacidad de una vía en función de las características de la carretera, como el ancho de la carretera, la cantidad de carriles y la velocidad de los vehículos.

Medidas de rendimiento:

Las medidas de rendimiento son fundamentales para analizar los tiempos de espera en los semáforos. Las medidas de rendimiento más comunes son el tiempo de espera medio, el tiempo de espera máximo y la probabilidad de espera. El tiempo de espera medio se refiere

al tiempo promedio que un vehículo debe esperar en un semáforo determinado. El tiempo de espera máximo se refiere al tiempo máximo que un vehículo debe esperar en un semáforo determinado. La probabilidad de espera se refiere a la probabilidad de que un vehículo tenga que esperar en un semáforo determinado.

Estudios

Los estudios realizados en Ecuador sobre el análisis de los tiempos de espera en los semáforos se han enfocado principalmente en la ciudad de Quito, donde se han llevado a cabo diferentes investigaciones para mejorar la eficiencia del tráfico vehicular. Por ejemplo, un estudio realizado por Oñate y Calderón (2017) evaluó la eficiencia de los semáforos en la ciudad de Quito mediante la simulación de un modelo de tráfico vehicular. Los resultados mostraron que la sincronización de los semáforos podría reducir el tiempo de espera en un 24%.

Por otro lado, un estudio realizado por Aguinaga, Freire y Burneo (2020) analizó la efectividad de las soluciones tecnológicas para mejorar el tráfico vehicular en la ciudad de Quito, incluyendo el uso de semáforos inteligentes. Los resultados mostraron que la implementación de semáforos inteligentes podría reducir los tiempos de espera en un 30%.

En la ciudad de Guayaquil, un estudio realizado por Cevallos, Castro y Caicedo (2018) evaluó el comportamiento de los conductores frente a la duración del tiempo de espera en los semáforos. Los resultados mostraron que los conductores estaban dispuestos a esperar hasta un máximo de 60 segundos en un semáforo antes de empezar a sentirse incómodos y a buscar alternativas para evitar la espera.

Por último, un estudio realizado por Estupiñán y Fiallos (2019) evaluó la eficiencia de los semáforos en la ciudad de Cuenca mediante la simulación de un modelo de tráfico vehicular. Los resultados mostraron que la sincronización de los semáforos podría reducir los tiempos de espera en un 32%.

En resumen, el análisis de los tiempos de espera en los semáforos es un tema importante en el campo del transporte y la ingeniería vial. El análisis de los tiempos de espera en los semáforos de Ecuador es una cuestión importante en la gestión del tráfico vehicular. Los estudios realizados en este país han mostrado que la implementación de soluciones tecnológicas, como los semáforos inteligentes, y la sincronización de los semáforos son herramientas eficaces para reducir los tiempos de espera y mejorar el flujo vehicular.

Además, los estudios han demostrado que los conductores están dispuestos a esperar hasta un máximo de 60 segundos en un semáforo antes de buscar alternativas para evitar la

espera. En conclusión, el análisis de los tiempos de espera en los semáforos es una herramienta crucial para la gestión eficiente del tráfico vehicular en Ecuador.

La fluidez vehicular en una ciudad es un factor crítico que afecta el tráfico, la seguridad, el medio ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos. El control del tráfico a través de semáforos es una herramienta comúnmente utilizada para regular el flujo de vehículos.

La optimización de los tiempos de semáforos es una propuesta comúnmente utilizada para mejorar la fluidez vehicular. En este marco teórico, se examina la literatura relevante sobre la evaluación de una propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos.

La optimización de los tiempos de semáforos es un área de investigación activa en la ingeniería del tráfico. Un enfoque común para la optimización de los tiempos de semáforos es la aplicación de algoritmos de control de tráfico. Los algoritmos de control de tráfico se utilizan para ajustar los tiempos de semáforos en función del flujo de tráfico actual. Los algoritmos de control de tráfico incluyen algoritmos basados en la teoría de la probabilidad, algoritmos de control óptimo, algoritmos de control basados en la lógica difusa, entre otros (Li, Chen, Chen, & Chen, 2020).

La evaluación de la propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos se puede realizar a través de una variedad de métricas. Una métrica comúnmente utilizada es el tiempo de viaje. El tiempo de viaje se puede medir como el tiempo que tarda un vehículo en recorrer una distancia determinada.

Otros indicadores incluyen el tiempo de espera en un semáforo y el número de vehículos que pasan por un semáforo durante un intervalo de tiempo determinado. Además, los efectos de la propuesta de mejora de la fluidez vehicular también pueden evaluarse a través de los indicadores de seguridad vial, como el número de accidentes de tráfico y la velocidad media de los vehículos.

La evaluación de la propuesta de mejora de la fluidez vehicular también debe considerar los factores externos que pueden afectar la eficacia de la propuesta. Los factores externos incluyen las condiciones climáticas, la densidad de la población, la hora del día, el tipo de vehículo y la infraestructura de la carretera (Ouyang, Wu, Wu, & Chen, 2020).

La implementación de una propuesta de mejora de la fluidez vehicular a través de la optimización de los tiempos de semáforos también puede afectar la calidad del aire y la contaminación acústica. Se han realizado estudios que demuestran que la optimización de los tiempos de semáforos puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire (Wei, Li, Li, Li, y Li, 2020). Sin embargo, se requiere una evaluación

detallada de los efectos ambientales antes de implementar cualquier propuesta de mejora de la fluidez vehicular.

A continuación, se presentan algunas sugerencias para mejorar la optimización de los semáforos:

Análisis de datos de tráfico: Es importante realizar un análisis de los datos de tráfico para determinar los patrones de tráfico y las horas punta de tráfico en cada intersección. Esto permitirá a los ingenieros de tráfico ajustar los tiempos de los semáforos para mejorar el flujo vehicular.

Sincronización de semáforos: La sincronización de semáforos es una técnica que implica ajustar los tiempos de los semáforos a lo largo de una arteria para asegurar que los conductores puedan pasar por varias intersecciones consecutivas sin tener que detenerse. Esto mejora significativamente la fluidez del tráfico y reduce la congestión.

Uso de sensores de tráfico: Los sensores de tráfico se utilizan para detectar la presencia de vehículos y ajustar los tiempos de los semáforos en consecuencia. Por ejemplo, si se detecta una gran cantidad de vehículos que se aproximan a una intersección desde una dirección, el semáforo se ajustará para permitir que los vehículos pasen más rápido.

Tecnología de semáforos inteligentes: La tecnología de semáforos inteligentes es una tecnología avanzada que utiliza sensores y algoritmos para ajustar los tiempos de los semáforos en tiempo real. Esta tecnología puede adaptarse a los cambios en el tráfico y mejorar la fluidez del tráfico de manera más eficaz que los sistemas convencionales.

En resumen, la optimización de los tiempos de semáforos es una solución efectiva para mejorar la fluidez del tráfico en las ciudades. Al implementar técnicas como la sincronización de semáforos, el uso de sensores de tráfico y la tecnología de semáforos inteligentes, se puede reducir la congestión del tráfico, mejorar la eficiencia del transporte y mejorar la calidad de vida de los residentes de la ciudad.

CAPÍTULO 3

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

3. Situación vial de la intersección vial ubicada en la confluencia de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar

El presente análisis se sumerge en la estructura y operatividad de la intersección vial ubicada en la confluencia de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar. En este contexto, se emprende un abordaje técnico riguroso con el propósito de contextualizar la compleja dinámica del flujo vehicular en dicha intersección, identificando patrones, puntos críticos y factores determinantes.

Este diagnóstico situacional se erige como una exploración meticulosa del flujo vehicular existente, orientada a la cuantificación precisa de variables asociadas, tales como el volumen vehicular en distintos momentos del día. Se persigue, asimismo, la evaluación detallada de los tiempos de espera en los semáforos, considerando la sinergia de elementos dinámicos como el volumen de tráfico, la velocidad vehicular y la sincronización semafórica.

En el transcurso de este análisis técnico, se aplicarán modelos de optimización específicos, adaptados a la topografía singular y las características particulares de la intersección. Este enfoque se fundamenta en la premisa de maximizar la eficiencia del sistema semafórico, mitigando los tiempos de espera y, por ende, reduciendo la congestión vehicular.

Asimismo, se explorará la viabilidad y pertinencia de soluciones técnicas avanzadas, tales como la implementación de tecnologías innovadoras como semáforos inteligentes y sensores de tráfico. La consideración de estas opciones se fundamenta en la premisa de mejorar la sincronización y la adaptabilidad en tiempo real, redundando en beneficios tangibles para la fluidez vehicular.

El diagnóstico no se limita a una evaluación cuantitativa; implica, de manera ineludible, la proposición de ajustes específicos derivados de modelos teóricos y la generación de recomendaciones sustentadas en análisis detallados. A lo largo de este proceso, se establecerán canales de comunicación eficaces con las autoridades de tránsito y la comunidad local, consolidando una aproximación integral y colaborativa.

Este análisis diagnóstico se constituye como la fase inaugural de un proyecto que aspira a optimizar la movilidad urbana en la intersección de la Av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar. Su complejidad técnica y enfoque estructurado sientan las bases para subsiguientes etapas de intervención, encaminadas a mejorar de manera significativa la experiencia de movilidad en esta área específica.

La intersección de la Av. 24 de Mayo y 3 de Noviembre en la ciudad de Cañar es un punto estratégico para la movilidad vehicular, y su eficiencia se ve influenciada por una serie de factores que requieren un análisis detallado. En este contexto, la evaluación de diversos indicadores se convierte en una herramienta esencial para comprender y mejorar la fluidez del tráfico en esta intersección clave. Desde la ubicación y tipo de semáforo hasta la categoría de vehículos y las condiciones climáticas, cada indicador desempeña un papel crucial en la optimización de la gestión del tráfico. A continuación, se detallarán estos indicadores, destacando su relevancia y la importancia de su análisis para lograr un funcionamiento eficiente de la intersección.

- **Ubicación del semáforo:** La ubicación del semáforo es crucial, ya que determina la eficiencia del control del tráfico en la intersección. Factores como la visibilidad, la distancia desde la entrada de la intersección y la presencia de obstáculos pueden afectar la respuesta de los conductores al cambio de señales.
- **Tipo de semáforo:** El tipo de semáforo puede influir en la visibilidad y comprensión de las señales por parte de los conductores. Los semáforos modernos pueden tener tecnologías avanzadas, como luces LED, que pueden mejorar la visibilidad en condiciones adversas.
- **Duración del ciclo del semáforo:** La duración total del ciclo del semáforo afecta directamente la eficiencia del flujo vehicular. Un ciclo demasiado largo puede provocar congestiones, mientras que uno muy corto puede generar interrupciones frecuentes y congestiones por acumulación.
- **Tiempo de la fase verde:** El tiempo asignado a la fase verde debe ser suficiente para permitir que los vehículos atraviesen la intersección de manera fluida. La duración debe adaptarse al volumen de tráfico en diferentes momentos del día.
- **Tiempo de la fase amarilla:** Un tiempo de fase amarilla adecuado es esencial para advertir a los conductores sobre la transición a la fase roja. Esto influye en la seguridad y puede reducir la probabilidad de infracciones.

- **Tiempo de la fase roja:** La duración de la fase roja debe ser suficiente para permitir que los vehículos crucen completamente la intersección y evitar colisiones. Un tiempo excesivamente largo puede causar esperas innecesarias.
- **Número de carriles:** El número de carriles en la intersección afecta la capacidad de tráfico. Un mayor número de carriles puede aumentar la capacidad, pero también puede generar más complejidad en la gestión del flujo vehicular.
- **Velocidad promedio:** La velocidad promedio del tráfico influye en la capacidad del sistema de semáforos para gestionar el flujo vehicular. Una velocidad alta puede requerir tiempos de fase verde más largos para garantizar un cruce seguro.
- **Categoría de vehículos:** Diferentes categorías de vehículos (automóviles, camiones, motocicletas) pueden tener requisitos de tiempo de fase verde diferentes debido a sus velocidades y tamaños distintos.
- **Condiciones climáticas:** Las condiciones climáticas, como lluvia, niebla o neblina, pueden afectar la visibilidad y el comportamiento de conducción. Esto puede requerir ajustes en los tiempos de las fases para garantizar la seguridad.
- **Observaciones adicionales:** Factores específicos de la intersección, como la topografía, la presencia de peatones o ciclistas, y eventos especiales, pueden influir en la gestión del tráfico y requerir ajustes en los tiempos de las fases.
- **Hora de toma de muestra:** La hora de la toma de muestra es crucial para entender las variaciones en el tráfico a lo largo del día. Los patrones de tráfico pueden cambiar significativamente durante las horas pico y las horas no pico.
- **Fecha de toma de muestras:** La fecha de toma de muestras permite tener en cuenta variaciones estacionales o eventos especiales que puedan afectar el tráfico, como festividades o eventos locales.

Análisis de los tiempos de espera en los semáforos de la zona de estudio

La mejora de los tiempos de semáforos es una estrategia efectiva para mejorar la fluidez vehicular en las ciudades. Es importante llevar a cabo un estudio detallado del flujo vehicular en las intersecciones clave de la ciudad para poder diseñar un plan de optimización adecuado. La implementación de esta estrategia requiere una coordinación efectiva entre las autoridades de tránsito y los ciudadanos, y puede generar una mejora significativa en la movilidad urbana.

El análisis de los tiempos de espera en los semáforos de Ecuador es una cuestión importante en la gestión del tráfico vehicular en este país. El aumento del tráfico en las ciudades ha generado una mayor congestión vehicular, lo que ha llevado a que el análisis de los tiempos de espera en los semáforos sea una herramienta crucial para optimizar el flujo vehicular. En este apartado se presentarán algunas de las investigaciones más relevantes en esta área, con el objetivo de conocer las diferentes metodologías y técnicas utilizadas para el análisis de los tiempos de espera en los semáforos en distintas ciudades del Ecuador.

CAPÍTULO 4

4. Desarrollo de la propuesta

El objetivo para la simulación de tráfico es mejorar el flujo vehicular para la intersección entre la Avenida 24 de mayo y 3 de noviembre, la cual está situada en la ciudad de Cañar. Se analizó el caso de esta intersección y se corroboró que el desfogue principal de vehículos se da a través de la calle 3 de noviembre. Sin embargo, esta calle tiene dos cruces los cuales se dan con las calles de intersección Bolívar y la calle de intersección Cristóbal Colon, cada una de estas intersecciones dispone de semáforos, los cuales son los que regulan el tráfico vehicular. El tráfico que se genera en estas intersecciones impide que el flujo desde la avenida sea lo correcto razón por la cual es pertinente el estudio de fluidez de tráfico para a posterior con una mejor programación en cada uno de sus semáforos se pueda regular el tráfico vehicular.

4.1. Ajuste Dinámico de Ciclos:

La primera piedra angular de la estrategia propuesta para mejorar la fluidez vehicular en la intersección Av. 24 de Mayo y 3 de Noviembre consiste en la implementación de un "Ajuste Dinámico de Ciclos". Este enfoque innovador no solo pretende corregir las disparidades temporales identificadas en las fases semafóricas, sino también adaptarse en tiempo real a las fluctuaciones del tráfico, elevando la regulación a un nivel de precisión milimétrica.

4.1.1 Análisis de Datos Impulsa la Acción:

La profunda inmersión en los datos recopilados revela que los tiempos de las fases semafóricas no son estáticos y, por ende, exigen una respuesta dinámica. La propuesta se basa en este principio fundamental, donde la duración de cada ciclo se ajusta continuamente según las condiciones del tráfico.

Por ejemplo, durante las horas pico identificadas, el sistema puede reducir la fase roja en el Semáforo 2 de 49 a 37 segundos, minimizando las esperas y permitiendo un flujo más eficiente. En contraste, en momentos de menor demanda, se pueden asignar tiempos adicionales a la fase verde para aprovechar la oportunidad de liberar el tráfico acumulado.

4.1.2 Algoritmo Adaptativo: Precisión en Tiempo Real:

El corazón de esta propuesta es un algoritmo adaptativo que procesa datos continuos provenientes de sensores avanzados colocados estratégicamente en la intersección. Estos sensores capturan variables clave, como la densidad vehicular, la velocidad promedio y las condiciones climáticas, permitiendo una toma de decisiones en tiempo real que escapa a las limitaciones de los sistemas semafóricos tradicionales.

Este algoritmo, desarrollado con un enfoque en aprendizaje automático, ajustará automáticamente la duración de cada fase semafórica para optimizar la fluidez del tráfico. Las fluctuaciones en la velocidad promedio y la densidad vehicular serán interpretadas de manera dinámica, permitiendo cambios continuos en los ciclos sin intervención manual.

4.1.3 Integración de Factores Externos:

El impacto directo de las condiciones climáticas también se incorporará en el algoritmo adaptativo. Por ejemplo, en días despejados, se dará preferencia a fases verdes más prolongadas, aprovechando la mayor capacidad de circulación vehicular. En condiciones climáticas adversas, se reducirán los tiempos de espera, garantizando la seguridad sin comprometer la eficiencia.

En las tablas XXX-XXX se presenta el análisis para cada uno de los semáforos que se han mencionado con anterioridad. Este análisis se realizó para diferentes horas del día para poder analizar cada uno de los escenarios de tráfico que se presentan en las calles. También se realizó un conteo de vehículos el cual si bien no es exacto por el tráfico vehicular no va a ser el mismo para cada día de la semana en diferentes semanas, se puede obtener de este análisis un aproximado para el flujo vehicular.

4.2. Análisis y simulaciones

El desarrollo de la simulación de tráfico se lo implemento dentro de la herramienta SUMO; SUMO, que significa "Simulación of Urban MObility" (Simulación de Movilidad Urbana, en inglés), es una herramienta de simulación de tráfico de código abierto. Su propósito principal es modelar y simular el tráfico en entornos urbanos. Esta herramienta ofrece un amplio análisis para la simulación de tráfico, algunos de las herramientas y funciones más importantes del mismo son:

4.2.1 Modelado de Carreteras y Nodos:

Red de Carreteras: SUMO permite a los usuarios definir la red de carreteras mediante la especificación de segmentos de carretera, intersecciones y conexiones entre ellas.

Nodos e Intersecciones: Los nodos representan intersecciones y puntos de conexión en la red, donde se pueden controlar semáforos y otros dispositivos de regulación de tráfico.

4.2.2 Modelado de Vehículos y Conductores:

Definición de Vehículos: Los usuarios pueden definir diferentes tipos de vehículos, sus características físicas y comportamientos de conducción.

Conductores y Rutas: SUMO permite asignar conductores a vehículos y definir rutas específicas que seguirán los vehículos a través de la red de carreteras.

4.3. Simulación de Tráfico:

Microsimulación: SUMO utiliza una simulación basada en eventos y microsimulación, lo que significa que modela el comportamiento de cada vehículo de manera individual y realiza simulaciones paso a paso en incrementos de tiempo pequeños.

Interacciones Realistas: El modelo tiene en cuenta factores como la aceleración, la desaceleración, la distancia entre vehículos y las reglas de tráfico para simular interacciones realistas.

4.3.1 Control de Semáforos y Dispositivos de Regulación:

Gestión del Tráfico: SUMO incluye la capacidad de modelar semáforos y otros dispositivos de regulación de tráfico, permitiendo a los usuarios implementar estrategias de control de tráfico y evaluar su eficacia.

4.3.2 Integración de Algoritmos Externos:

API y Extensiones: SUMO es extensible y admite la integración de algoritmos de control de tráfico personalizados y estrategias específicas mediante su interfaz de programación de aplicaciones (API) y extensiones.

4.3.3 Salida y Análisis de Resultados:

Informes y Visualización: SUMO proporciona herramientas para analizar y visualizar los resultados de la simulación, como estadísticas de tráfico, tiempos de viaje y otros indicadores relevantes.

4.4. Desarrollo

Es fundamental que para obtener resultados coherentes al caso de análisis se pueda realizar el estudio dentro de un ambiente similar o lo más cercano a la realidad del caso, SUMO permite la importación de mapas desde su herramienta OSM Web Wizard, en donde se tiene que ingresar las coordenadas del lugar que deseamos analizar y se nos va a desplegar un mapa el cual se tiene que importar a sumo para su posterior análisis y modificaciones. La figura 1 presenta el proceso para la selección del mapa de la ciudad del cañar en específico de la intersección a analizar a SUMO.



Figura 1. Selección del Mapa de la Intersección a Analizar

Realizado por: el autor (2023)

Luego de que se haya localizado el mapa dentro del software, es importante asignar los atributos correctos al mapa para su importación. El software genera un tráfico de manera aleatoria para la primera corrida de la simulación, esta opción tiene que ser desactivada ya que como se mencionó en puntos anteriores se ha realizado un análisis de tráfico in situ para lograr una mejor simulación. La Figura 1 presenta la configuración usada antes de la importación del mapa.

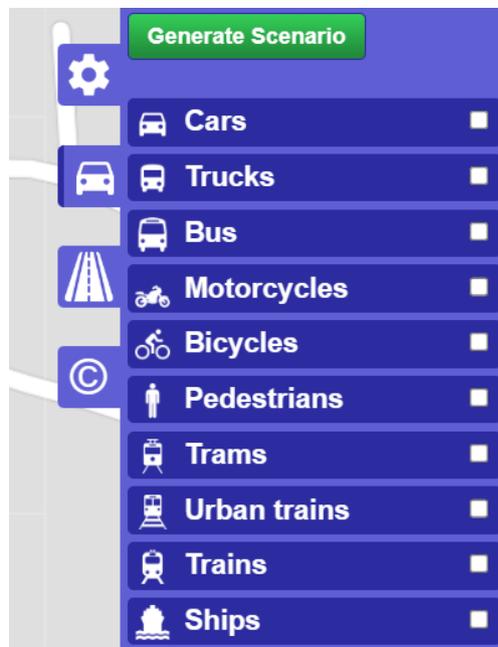


Figura 2. Configuración de Parámetros para el Mapa

Realizado por: el autor (2023)

Una vez que se haya generado el mapa se abrirá la herramienta netedit de sumo la cual importará el mapa que se obtuvo. La Figura 2 presenta el mapa generado para la intersección que se desea analizar, sin embargo, este es muy grande con relación a la zona de análisis razón por la cual se debe de hacer modificaciones sobre el mismo para generar el primer escenario de análisis, el cual va a estar regido a un escenario realista de la situación actual de la intersección.



Figura 3: Importación de mapa a netedit

Realizado por: el autor (2023)

La Figura 3, presenta el mapa con el cual se va a trabajar para la simulación del primer y segundo escenario, este archivo es el mismo para las dos simulaciones que se van a realizar, dentro de SUMO se tiene que generar dos tipos de archivos, el primero que es la red de vías y el segundo que es el flujo vehicular con lo cual se va a poder desarrollar la simulación.

Los mapas que se importan en SUMO no tienen rutas específicas de tráfico, las direcciones de las intersección y vías si están definidas más sin embargo la semaforización es uno de los aspectos que se deben de configurar, así como también el tipo de calles y avenidas que se tienen dentro del mapa. No siempre la importación de mapas es precisa por lo cual es necesario usar herramientas complementarias como Google Maps o Google Earth para que la simulación sea lo más precisa posible.

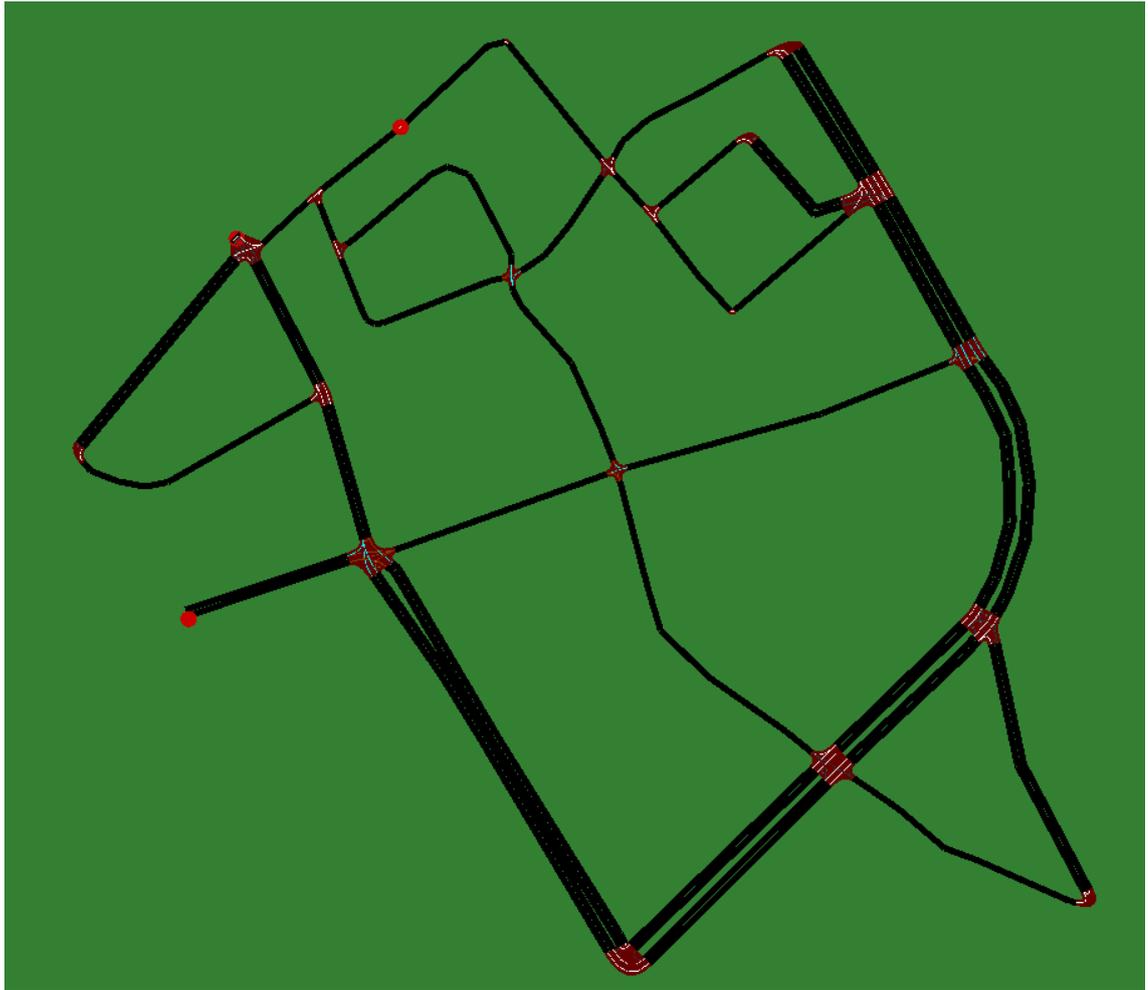


Figura 4: Mapa a usar para la simulación de escenarios

Realizado por: el autor (2023)

Una vez que se haya modificado el mapa con éxito lo siguiente es crear y configurar cada uno de los semáforos para las intersecciones. La Figura 4 presenta el proceso para la creación de los semáforos, se ingresa 4 semáforos, en donde cada uno se ubica en las intersecciones las cuales son fundamentales para el tráfico en la zona.

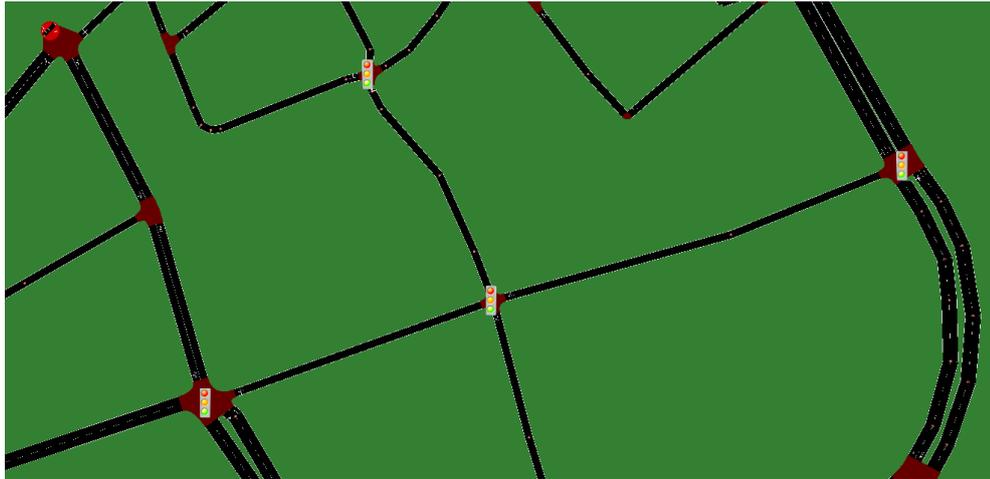


Figura 5: Configuración de semáforos para mapa

Realizado por: el autor (2023)

La configuración de los semáforos dentro de sumo se lo realiza a través de tiempos, en donde para el primer escenario se ingresan los tiempos que se obtuvieron luego de la observación del lugar a analizar. La Figura XXX presenta la configuración de uno de los semáforos de la simulación.

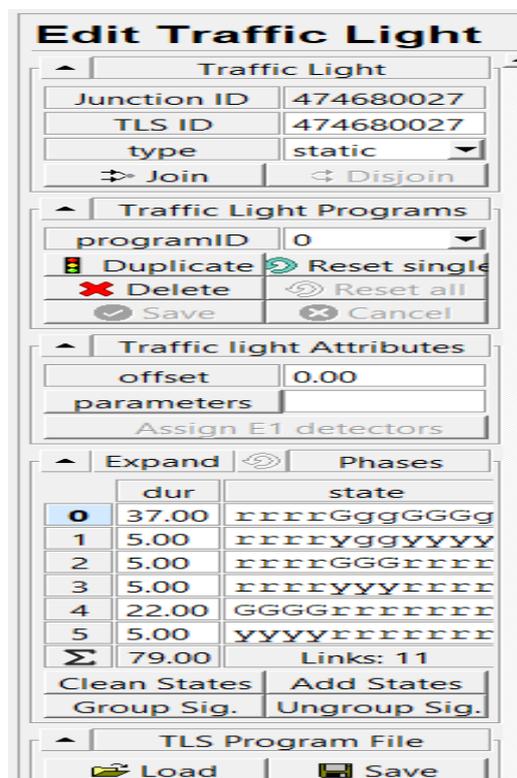


Figura 6: Configuración de semáforos

Realizado por: el autor (2023)

Una vez que se tenga la configuración de la semaforización, lo que se debe de realizar como última instancia para la simulación es ingresar el tráfico a la red. Para esto se tiene muchas opciones ya que se puede configurar diferentes tipos de tráfico ya sea por cada vehículo o por grupos de vehículos, en la Figura 6 se presenta las opciones para la configuración de tráfico.

Internal attributes	
id	f_3
type	VEHTY
from	96337937#1
to	40554129#6
via	
color	yellow
departLane	first
departPos	base
departSpeed	0.00
arrivalLane	current
arrivalPos	max
arrivalSpeed	current
line	
personNumber	0
containerNumber	0
departPosLat	center
arrivalPosLat	center
insertionCheck	all
begin	0.00

Figura 7: Configuración del flujo vehicular

Realizado por: el autor (2023)

Para el caso de estudio se va a ingresar flujos de tráfico, los cuales van a estar modelados de manera probabilística para el envío de vehículos, con lo cual no se tendrá el mismo espacio entre vehículos, por lo contrario, se tendrá un ambiente que se adapte mejor a la realidad. Se configuran 4 flujos de tráfico los cuales están definidos de la siguiente manera:

Flujo 1: Desde Avenida 24 de mayo hasta la intersección de calle Cristóbal colon y 3 de noviembre.

Flujo 2: Desde calle Cristóbal colon hasta la avenida 24 de mayo

Flujo 3: Desde la calle Bolívar hasta la intersección con la calle 5 de junio

Flujo 4: Desde la calle Guayaquil hasta la calle 4 de junio

Las Figuras 6 y 7 presenta la configuración del flujo vehicular para el flujo 2.

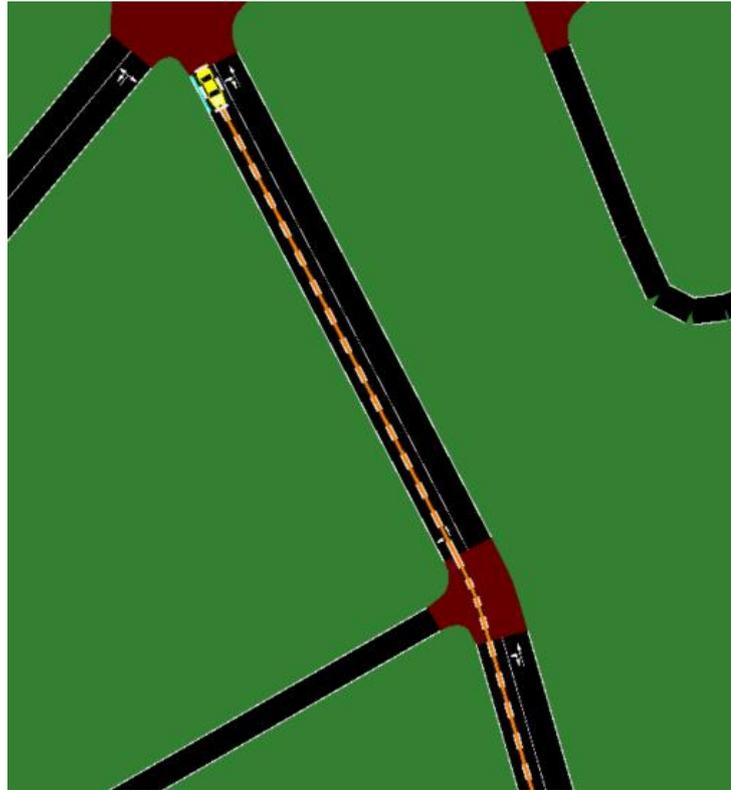


Figura 8: Configuración para el flujo 2

Realizado por: el autor (2023)

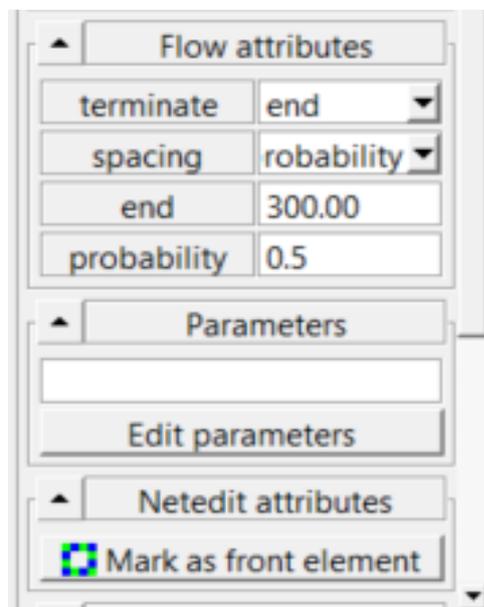


Figura 9: Parámetros para el flujo 2

Realizado por: el autor (2023)

Una vez que se configuren todos los tráficos se debe guardar este archivo ya que este es el que nos va a dar los parámetros para el tráfico, tanto el archivo de la red vial como el archivo de la configuración de tráfico se generan en una extensión XML. Como se mencionó en puntos anteriores se va a realizar dos tipos de simulaciones las cuales van a diferir únicamente en la configuración de los semáforos, los parámetros de tráfico y red vial se mantienen sin ningún cambio para no alterar la simulación. Una vez que se obtenga estos dos archivos se puede realizar la simulación del tráfico. Las Figuras 8 y 9 presenta el resultado para la simulación del primer y segundo escenario respectivamente.

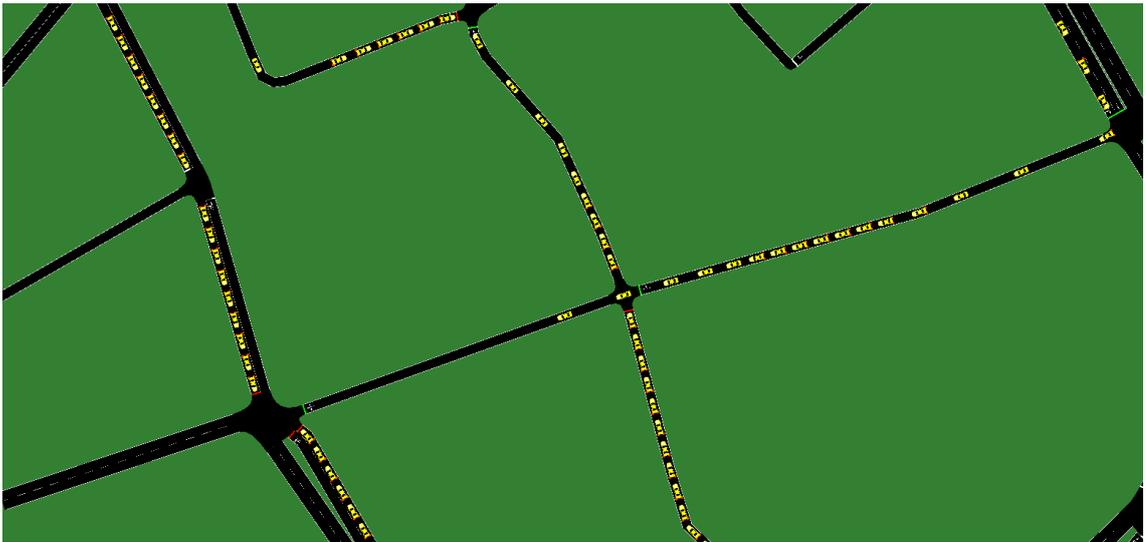


Figura 10: Simulación para primer escenario

Realizado por: el autor (2023)



Figura 11: Simulación para segundo escenario

Realizado por: el autor (2023)

A simple vista como se puede comparar en las Figuras 10 y 11, se tiene un mejor tráfico vehicular para el segundo escenario que es el que ha presentado los cambios en la configuración de los semáforos. Teniendo en cuenta que el objetivo del presente trabajo es solucionar una problemática existente, no se pueden basar resultados de una simulación por simple observación, razón por la cual se debe de tener datos los cuales deben de ser puestos en comparación y corroborar que en realidad existe una mejora. Dentro de SUMO existen paquetes y librerías que permiten realizar un análisis en base a emisiones de vehículos lo cual va a ser útil para realizar una comparación de los dos escenarios programados, los aspectos a cubrir en el análisis son:

- CO: Monóxido de carbono
- CO2: Dióxido de carbono
- HC: Hidrocarburos no quemados
- Nox: Óxidos de nitrógeno
- PMx: Partículas suspendidas en el aire
- Fuel: Combustible usado por cada vehículo
- Noise: Ruido generado por cada vehículo
- Waiting: Tiempo esperado por cada vehículo
- Speed: Velocidad de cada vehículo

Para la obtención de estos resultados es necesario una simulación la cual se efectuó en una máquina virtual con sistema operativo Linux, ya que la manera de ingresar a los scripts que SUMO provee para la simulación es por la línea de comando, se debe de tener dentro de una carpeta los dos archivos de configuración realizados en pasos anteriores, los cuales tiene una extensión XML. La Figura 12 presenta la carpeta en donde se debe de realizar todas las configuraciones de los archivos de simulación y en la cual se depositará los resultados de emisión de cada flujo vehicular.

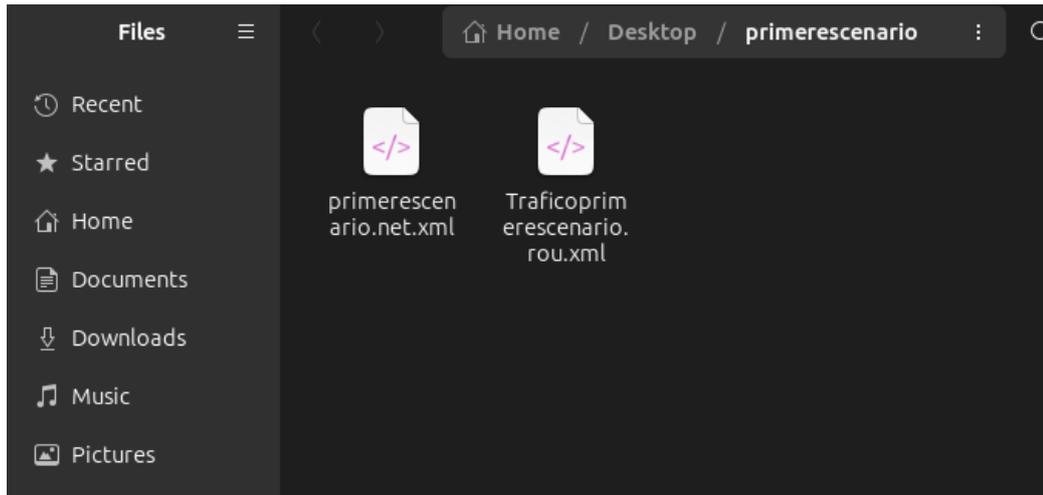


Figura 12: Creación de carpeta con los archivos de red vial y configuración de tráfico

Realizado por: el autor (2023)

Luego de este se debe de crear al archivo para la simulación de tráfico y polución dentro de SUMO, para lo cual se crea un archivo con el nombre file. sumo.config. El contenido de este archivo se presenta en la Figura 12

```

<configuration>
<input>
<net-file value="primerescenario.net.xml" />
<route-files value="Traficoprimerescenario.rou.xml" />
</input>
<time>
<begin value="0" />
<end value="1000" />
<step-length value="0.5" />
</time>
</configuration>
  
```

Figura 13: Archivo generado para la simulación y obtención de polución

Realizado por: el autor (2023)

Luego de generar este archivo es necesario ingresar la línea de comando:

```

sumo -c file. sumo.config --emission-output emission.xml --emission-output.geo --battery-output battery.xml --fcd-output car.xml --summary-output summary.xml --collision-output collision.xml --statistic-output stats.xml
  
```

Esta línea permite que se realice la simulación, esta vez generando cada uno de los parámetros necesarios para la comparación de escenarios, todos estos datos se exportan a la carpeta inicial en donde se tienen los archivos principales generados en los primeros puntos

del desarrollo del presente trabajo. La Figura 13 presenta los archivos generados para el análisis de resultados de los dos diferentes escenarios.

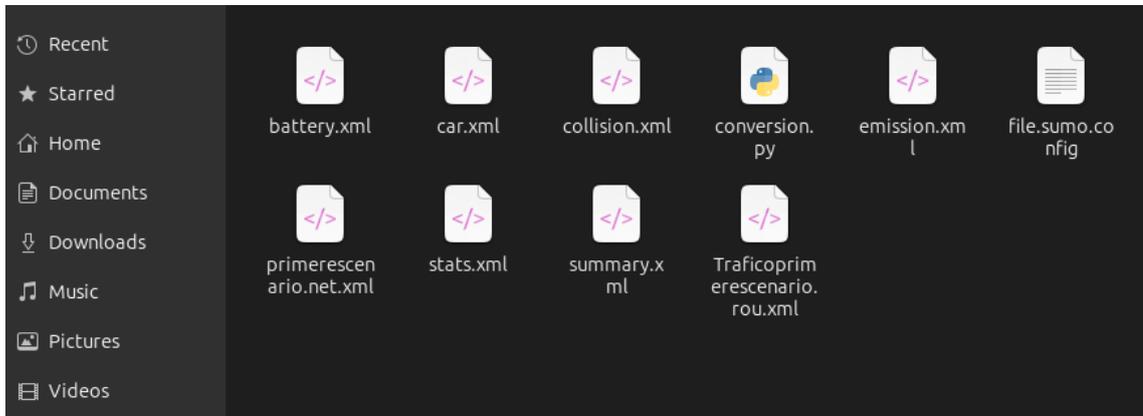


Figura 14: Archivos generados para el análisis de datos

Realizado por: el autor (2023)

Resultados

A pesar de que en las simulaciones de tráfico generadas en SUMO se puede comprobar de manera gráfica que el flujo de tráfico es mejor al momento de generar un segundo escenario con una reprogramación de semáforos y el tráfico fluye de mejor manera en las diferentes horas del día, es necesario el generar datos los cuales corroboren la hipótesis del presente trabajo. Los factores de análisis que fueron explicados en puntos anteriores fueron los que se sometieron a observación y el entendimiento de la data que se obtuvo luego de las simulaciones.

La Figura 15 presenta la producción de CO₂ que se tiene para una muestra de 5000 flujos vehiculares en donde no se puede diferenciar de buena manera como fluctúa la producción del dióxido de carbono, por lo que es necesario la selección de una muestra más pequeña para realizar el estudio este teniendo en cuenta que cuando se analiza un flujo no se está analizando un solo vehículo sino que se analizan varios vehículos que siguen las rutas de los flujos establecidos en puntos anteriores de este trabajo.

Esta figura nos permite comprobar que la producción de CO₂ en algunas zonas se mantiene debido a que en ambos escenarios existe un buen flujo vehicular, pero al momento que existe una congestión es donde se puede apreciar la mejora del segundo escenario que fue generado, es por esto por lo que se opta por la selección de una muestra más pequeña en donde se va a poder apreciar las mejoras que se introdujeron en las simulaciones a través del cambio de parámetros del segundo escenario.

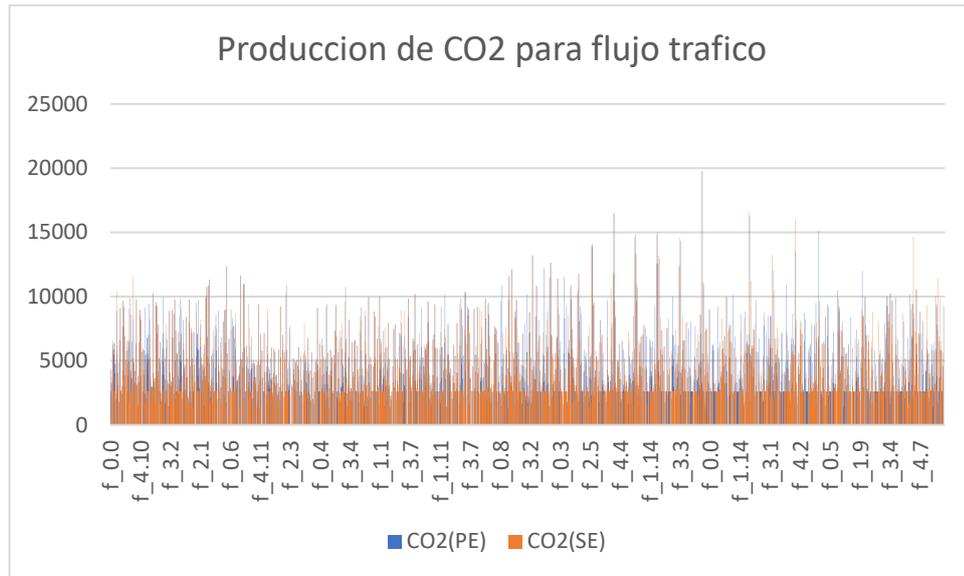


Figura 15: Producción de CO2 para muestra de 5000 flujos vehiculares

Realizado por: el autor (2023)

Se obtiene una muestra de 16 flujos vehiculares los cuales fueron sometidos a experimentación en la parte media de la simulación es decir a medio día, que es el horario en donde se genera más tráfico en la intersección del estudio, como se puede observar en la Figura XXX la producción de este gas disminuye y se mantiene en niveles bajos debido a que el flujo vehicular es mejor y no se acumula en cada uno de los flujos, lo mismo sucede para la producción de Nox la cual se presenta en la Figura 16.

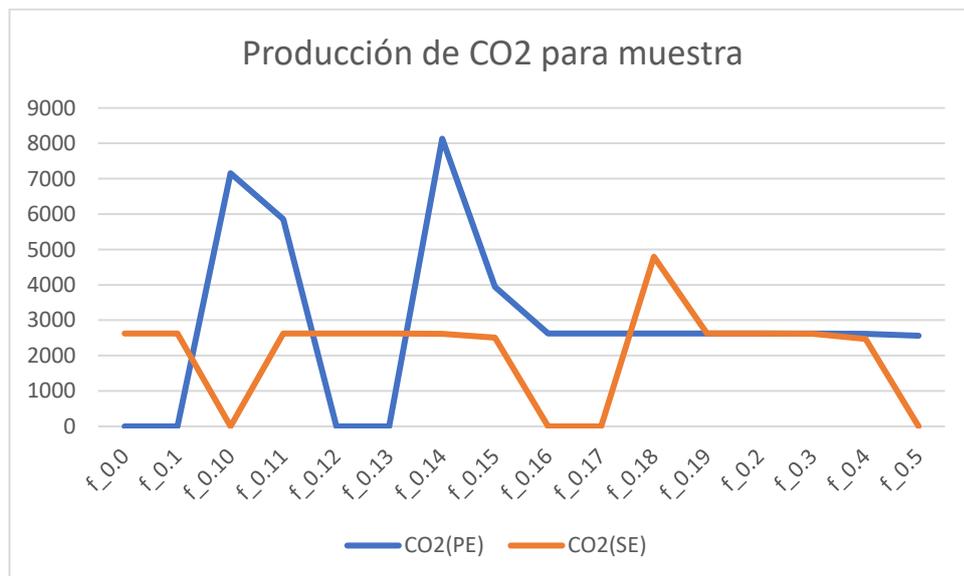


Figura 16: Producción de CO2 para muestra seleccionada

Realizado por: el autor (2023)

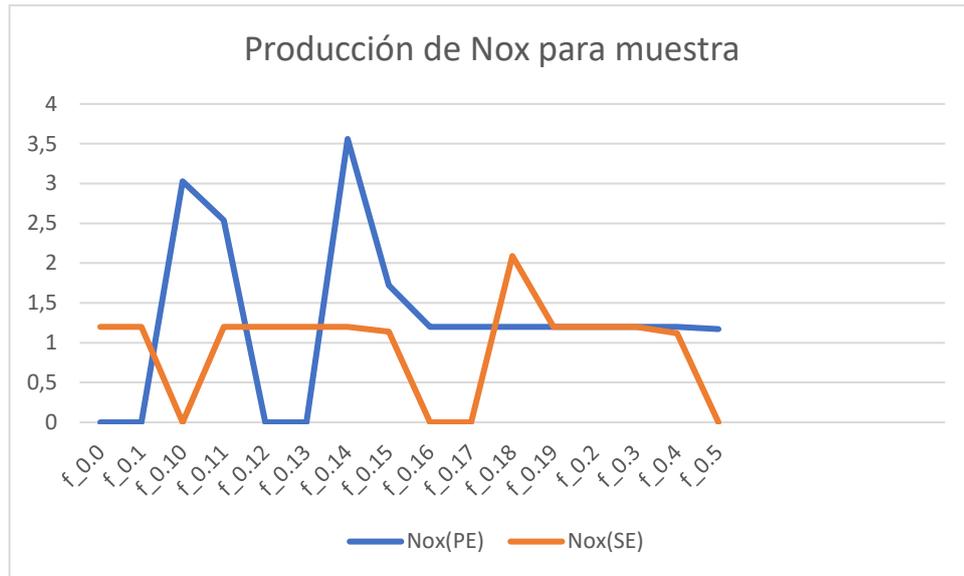


Figura 17: Producción de Nox para muestra seleccionada

Realizado por: el autor (2023)

Las principales mejoras para la simulación se presentan en las Figuras 18 y 19 en donde se presenta el consumo de combustible, la contaminación auditiva y las filas de esperas generadas por cada escenario, es claro que el segundo escenario presenta un mejor resultado para cada una de las métricas. De esta manera se optimiza el consumo de combustible evitando la generación de gases contaminantes, también generando un mejor ambiente para los transeúntes y conductores al evitar que se genere una contaminación auditiva excesiva lo cual es uno de los factores que no se toma siempre en cuenta para el análisis sin embargo es uno de los factores más estresantes para las personas involucradas en el presente estudio.

Y por último se puede apreciar la gráfica de comparación para los valores de colas de espera en el figura 20, generadas para cada escenario en el cual se tiene una mejoría considerable; este factor es el que permite delimitar los resultados del estudio ya que nos da un dato preciso acerca de cómo se mejoró la fluidez del tráfico para cada uno de los flujos vehiculares así permitiendo que más vehículos mejores de mejor manera así evitando las largas filas y de manera simultánea permitiendo que los gases generados por cada uno de los automotores disminuyan.

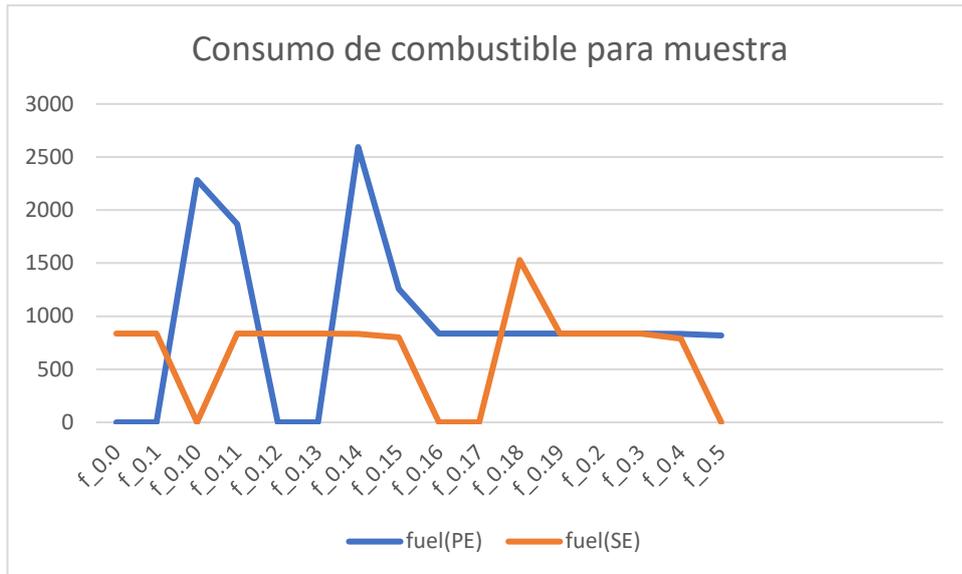


Figura 18: Consumo de combustible para muestra seleccionada

Realizado por: el autor (2023)

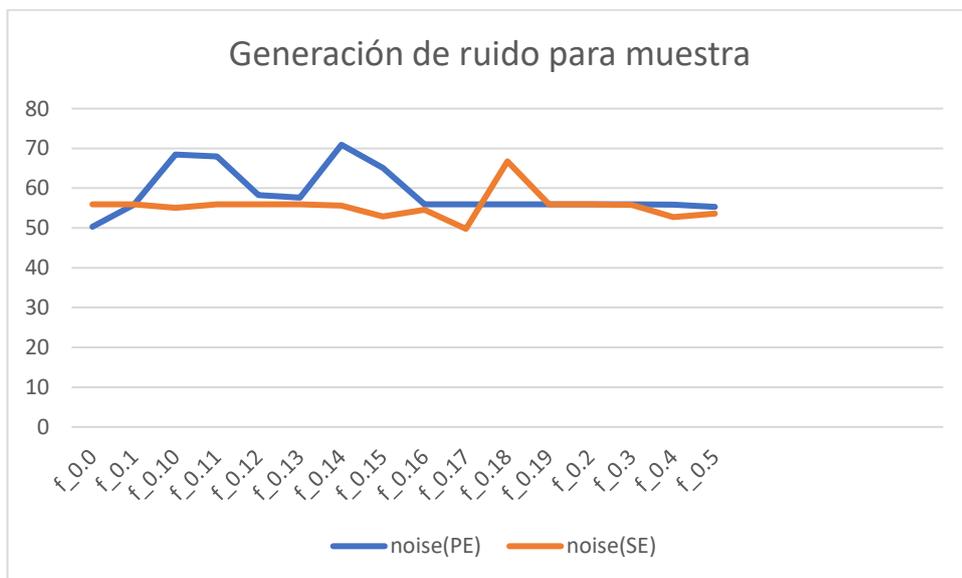


Figura 19: Generación de ruido para muestra seleccionada

Realizado por: el autor (2023)

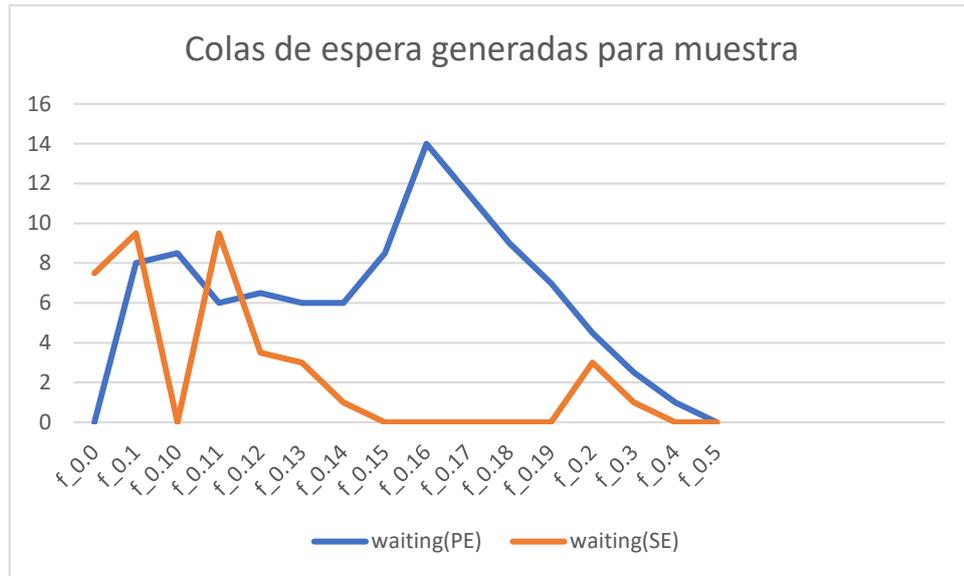


Figura 20: Generación de colas de tráfico vehicular para muestra seleccionada

Realizado por: el autor (2023)

5. CONCLUSIONES

El análisis exhaustivo de la propuesta de optimización del flujo vehicular en la intersección Avenida 24 de Mayo y 3 de Noviembre, mediante la implementación de un "Ajuste Dinámico de Ciclos" respaldado por la herramienta SUMO, arroja conclusiones contundentes respecto a la eficacia y viabilidad de la estrategia propuesta.

En primer lugar, la introducción de un enfoque dinámico en la duración de las fases semafóricas, fundamentado en el análisis continuo de datos provenientes de sensores avanzados, constituye una innovación trascendental. La adaptación en tiempo real a las fluctuaciones del tráfico, mediante un algoritmo adaptativo respaldado por aprendizaje automático, refleja un salto cualitativo en la gestión de intersecciones urbanas. Este enfoque se traduce en una precisión milimétrica en la regulación del tráfico, maximizando la eficiencia y minimizando las esperas durante las horas pico identificadas.

La integración de factores externos, particularmente las condiciones climáticas, en el algoritmo adaptativo, revela una comprensión holística de los elementos que influyen en la fluidez vehicular. La capacidad de ajustar las fases semafóricas según las condiciones meteorológicas, como la preferencia por fases verdes prolongadas en días despejados, demuestra una sofisticación en la adaptabilidad del sistema a su entorno.

En términos de implementación práctica, la herramienta SUMO emerge como un aliado instrumental en la simulación de tráfico. Su capacidad para modelar y simular el comportamiento vehicular en entornos urbanos, considerando factores como aceleración, desaceleración y distancia entre vehículos, proporciona un marco de análisis robusto. La inclusión de funciones para el modelado de carreteras, nodos e intersecciones, así como la simulación basada en eventos y microsimulación, confiere a SUMO una versatilidad integral para abordar problemáticas de tráfico urbano.

El desarrollo de simulaciones en SUMO, aplicado al caso específico de la intersección en estudio, se presenta como un ejercicio técnico meticuloso. La importación de mapas, la configuración de semáforos y la generación de escenarios realistas reflejan una aplicación precisa y cuidadosa de la propuesta. El énfasis en la adaptación del entorno virtual a condiciones similares a la realidad, mediante la importación de mapas desde el OSM Web Wizard, añade una capa de autenticidad a los resultados obtenidos.

En lo que respecta a los resultados, la producción de gases contaminantes, tales como CO₂ y Nox, revela una mejora significativa en el segundo escenario propuesto. La disminución de emisiones en situaciones de tráfico intenso subraya la eficacia del "Ajuste Dinámico de Ciclos" en la minimización del impacto ambiental.

El análisis detallado de métricas adicionales, como el consumo de combustible y la generación de ruido, complementa la evaluación integral de la propuesta. La optimización en el consumo de combustible, evidenciada en el segundo escenario, corrobora la eficiencia del sistema en la gestión de recursos y la reducción del impacto ambiental. La disminución de la generación de ruido, factible gracias a una regulación más precisa del tráfico, sugiere beneficios adicionales en términos de calidad de vida para los residentes y transeúntes en la zona.

Finalmente, la evaluación de colas de tráfico representa un indicador clave para medir la efectividad del "Ajuste Dinámico de Ciclos" en la mejora de la fluidez vehicular. La reducción considerable en la longitud de las colas en el segundo escenario valida la capacidad de la propuesta para gestionar eficazmente el flujo vehicular, evitando acumulaciones y mejorando la movilidad.

En conclusión, el presente análisis de conclusiones ratifica el éxito de la propuesta desarrollada para la intersección Avenida 24 de Mayo y 3 de Noviembre. La combinación de un enfoque dinámico en la regulación semafórica respaldado por SUMO ha demostrado ser una estrategia efectiva en la optimización del tráfico urbano, con beneficios tangibles en términos de eficiencia, impacto ambiental reducido y mejora en la calidad de vida de los ciudadanos.

6. RECOMENDACIONES

Las conclusiones derivadas del minucioso estudio sobre la optimización del flujo vehicular en la intersección Avenida 24 de Mayo y 3 de Noviembre, fundamentadas en la implementación de un "Ajuste Dinámico de Ciclos" respaldado por la herramienta SUMO, propician una sólida base para el planteamiento de recomendaciones orientadas a futuras investigaciones.

Primero, se propone la refinación del algoritmo adaptativo utilizado, mediante una exploración detallada de la manipulación de sus parámetros específicos. La posibilidad de ajustes más finos contribuirá a perfeccionar la adaptabilidad del sistema a las oscilaciones del tráfico, consolidando así la eficacia del enfoque dinámico en la regulación semafórica.

Seguidamente, se sugiere la consideración de factores urbanos adicionales que complementen el modelo propuesto. La inclusión de variables como eventos especiales y cambios en la infraestructura vial ampliará la capacidad del sistema para gestionar entornos urbanos dinámicos, elevando su versatilidad y utilidad en contextos diversos.

Otra línea de investigación plausible se centra en la validación en escenarios urbanos distintos. La aplicación del enfoque dinámico de regulación semafórica en diversas intersecciones permitirá evaluar su generalización y adaptabilidad, contribuyendo así a una comprensión más completa de su aplicabilidad en entornos heterogéneos.

Asimismo, se insta a explorar la optimización del diseño de la red vial en conjunto con el ajuste dinámico de ciclos. La interacción entre la topología vial y la regulación semafórica podría revelar sinergias que maximicen la eficiencia del tráfico, fundamentando aún más la estrategia propuesta.

Una dirección prometedora de investigación radica en un análisis de impacto ambiental más detallado. La inclusión de variables específicas, como la calidad del aire y emisiones vehiculares específicas, permitirá una evaluación más precisa de los beneficios ambientales de la propuesta.

Adicionalmente, se sugiere la exploración de la implementación de tecnologías emergentes, tales como vehículos autónomos y sistemas de comunicación entre vehículos. La integración de estas tecnologías podría potenciar aún más la eficiencia del tráfico urbano, proporcionando un campo fértil para futuras investigaciones.

Por otro lado, se recomienda la incorporación de variables climáticas más detalladas en el modelo. La inclusión de parámetros como la velocidad del viento y las condiciones de la carretera ampliará la capacidad del sistema para adaptarse a condiciones climáticas específicas, fortaleciendo así su robustez operativa.

Una perspectiva que merece atención es la validación experimental en situaciones reales en la intersección estudiada. La implementación de la estrategia propuesta en condiciones de tráfico en tiempo real permitirá validar de manera concluyente la efectividad de la propuesta en un entorno práctico.

Asimismo, se propone realizar estudios de costo-beneficio, profundizando en el análisis de los recursos necesarios frente a los beneficios obtenidos con la implementación de la estrategia propuesta. Un examen detallado de estas consideraciones proporcionará una base más sólida para la toma de decisiones y la planificación de intervenciones futuras.

Finalmente, se recomienda la realización de estudios que evalúen la percepción y aceptación de los usuarios frente a cambios en la regulación del tráfico. La comprensión de cómo los conductores y residentes experimentan estas intervenciones es esencial para anticipar y mitigar posibles resistencias y maximizar la aceptación pública.

Estas recomendaciones, en su complejidad y envergadura, denotan la amplitud del éxito alcanzado en el presente estudio y brindan un marco conceptual para investigaciones futuras que consoliden y expandan la eficiencia de estrategias avanzadas de gestión de tráfico urbano.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas Camarena, C. J. (2023). Análisis y evaluación de la congestión urbano vehicular en los tramos Ovalo Cayhuayna y el Ovalo Esteban Pavletich, Huánuco–2021.
- Chen, S., & Ma, W. (2018). Optimal signal timing for intersections: A game-theoretic approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 446-459.
- Dakhli, M., Hadj-Alouane, A. B., & Zayed, T. (2019). Real-time traffic signal control for urban arterial networks: A review. *IET Intelligent Transport Systems*, 13(9), 1378-1387.
- Guo, Y., Wang, Z., & Wang, Y. (2019). Dynamic traffic control by traffic volume-based phase switching. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 104, 103-11
- León Vallejo, O. A. (2020). Soluciones de tránsito en alta congestión vehicular de intersecciones urbanas. Una revisión sistemática entre 2010-2020.
- Moreira, J. S., León, C. C., Zambrano, G. R., & Joel, C. M. J. (2018). Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24(4), 1440-1455.
- Oblea Silva, C. (2018). Propuesta para la Mejora de la Fluidez en el Tránsito Vehicular Mediante un Modelo de Simulación Caso: Avenida Aviación–Pumacahua-Ejército.
- Osorio Unda, H. D. (2018). Implementación de un sistema de automatización para el control de semáforos inteligentes (Bachelor's thesis).
- Rodríguez, A. L. A., Ozaeta, L. D. V., & Vincés, J. J. G. (2023). La señalización vial y su incidencia en el tráfico vehicular en el casco urbano de la Ciudad de Portoviejo en el año 2022. *Polo del Conocimiento*, 8(2), 1509-1525.
- Sánchez-González, M., & García-Rodríguez, J. A. (2015). Improvement of traffic flow by coordinated traffic signal control. *Transportation Research Procedia*, 10, 164-172.
- Verdezoto, T. Z. A., Montes, F. F. C., & Medina, O. B. R. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4-23.
- Zavaleta Hoyos, D. (2021). Programa Synchro Traffic para mejorar la optimización del tránsito vehicular: una revisión de la literatura científica.
- Zhou, L., Fang, W., & Huang, H. (2021). Real-time traffic signal control using deep reinforcement learning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 124, 103091.

Zunino Singh, D. (2018). Ciudades, prácticas y representaciones en movimiento. Notas para un análisis cultural de la movilidad como experiencia urbana. *Tempo social*, 30, 35-54.

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Cristian Rene Encalada Tenesaca portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302629696. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Estudio para mejorar la fluidez vehicular analizando los tiempos de semáforos en la intersección de la av. 24 de mayo y 3 de noviembre en la ciudad de Cañar" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de febrero de 2024

F: 
Cristian Rene Encalada Tenesaca
0302629696

