



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No
Renovables**

Carrera Ingeniería en Mecánica Automotriz

**Simulación multimodal del tránsito en zonas conflictivas de la ciudad de
Loja**

Trabajo de titulación previo a la
obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz

AUTOR:

Carlos Andrés Pitisaca Díaz

DIRECTORA:

Ing. Génesis Jahel Vásquez Rodríguez, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2023

Certificación

Loja, 01 de septiembre de 2022.

Ing. Génesis Jahel Vásquez Rodríguez, Mg.Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Simulación multimodal del tránsito en zonas conflictivas de la ciudad de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Mecánica Automotriz**, de la autoría del estudiante **Carlos Andrés Pitisaca Díaz**, con **cédula de identidad Nro. 1150202115**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Génesis Jahel Vásquez Rodríguez, Mg.Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Carlos Andrés Pitisaca Díaz**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi trabajo de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:  Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ANDRES
PITISACA DIAZ**

Cédula de Identidad: 1150202115

Fecha: 03 de febrero del 2023

Correo electrónico: carlos.pitisaca@unl.edu.ec/ carlospity1999@gmail.com

Teléfono: 072684141/ 0981054767

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Carlos Andrés Pitisaca Díaz**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Simulación multimodal del tránsito en zonas conflictivas de la ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Mecánica Automotriz**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de febrero del dos mil veintitrés

Firma:  Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ANDRES
PITISACA DIAZ**

Autor: Carlos Andrés Pitisaca Díaz.

Cédula: 1150202115

Dirección: Loja (10 de agosto y Eplicachima)

Correo: carlos.pitisaca@unl.edu.ec/ carlospity1999@gmail.com

Teléfono: 072684141/ 0981054767

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo Titulación: Ing. Génesis Jahel Vásquez Rodríguez, Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre Eda Díaz que me enseñó a ser una persona de bien y con valores, además, por la motivación durante toda mi vida educativa y su entrega de cariño, amabilidad y amor. A mis hermanos y hermanas que me brindaron su ayuda en todo momento y me apoyaron siempre.

Carlos Andrés Pitisaca Díaz

Agradecimiento

Agradezco a Dios por llenarme de bendiciones y sabiduría, además, ir conociendo a grandes personas de bien que mediante sus acciones o palabras alentadoras nunca dejan de apoyar, siempre ayudan a mi crecimiento tanto como personal y profesional.

Gracias a la Universidad Nacional de Loja por brindarme la oportunidad de educarme en esta prestigiosa institución, de la misma manera, a la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, que aportó con su labor en beneficio de la educación superior con diferentes proyectos y desarrollos tecnológicos. Gracias a mi directora de Trabajo de Titulación la Ing. Génesis Vásquez por brindarme su tiempo y conocimiento a lo largo de este proceso.

Carlos Andrés Pitisaca Díaz

Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de tablas:.....	ix
Índice de figuras:.....	ix
Índice de anexos:.....	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	5
4.1 El Tránsito	5
4.1.1 Definiciones.....	5
4.1.2 Características del Tránsito.	5
4.2 Semaforización.....	6
4.2.1 Semáforos	6
4.2.2 Tipos de Semáforos	7
4.2.3 Ubicación de Semáforos.....	9
4.2.4 Fase ciclo y despeje	11
4.3 Diseño de Vías Urbanas.	11
4.3.1 Autopistas y Vías Rápidas.....	12
4.3.2 Calles Principales.	12
4.3.3 Calles Locales.....	12
4.3.4 Intersecciones en Vías Urbanas.....	12
4.4 Tráfico y Seguridad Vial	14
4.4.1 Definición.	14
4.4.2 Características.....	15
4.4.3 Señales de Tránsito.....	15

4.5	Software de Simulación de Tráfico	15
4.5.1	Definición.	15
4.5.2	Características.....	16
4.5.3	Aplicaciones.	17
5.	Metodología	18
5.1	Lugar.	18
5.2	Obtención de Datos.	19
5.3	Simulación.....	22
7.	Resultados.....	24
6.1	Resultados de la recolección de datos	24
6.2	Resultados de la simulación	33
6.3	Semaforización Inteligente.....	35
6.4	Movilidad Sostenible.....	36
6.4.1	Participación ciudadana.....	36
6.4.2	Fomento de la bicicleta.....	37
6.4.3	Mantenimiento de señales verticales y horizontales.	38
6.4.4	Tranvías Urbanos.....	39
6.5	Redistribución de la Línea de Transporte Público	40
8.	Discusión	42
9.	Conclusiones	43
10.	Recomendaciones	44
11.	Bibliografía	45
11.	Anexos	47

Índice de tablas:

Tabla 1. Horario de grabación para efectuar la toma de datos.....	19
Tabla 2. Guía de observación para la toma de datos de señales vehiculares	20
Tabla 3. Guía de observación para la toma de datos de señales peatonales	21
Tabla 4. Conteo de datos obtenidos de las grabaciones en la Av. Manuel Agustín Aguirre..	24
Tabla 5. Conteo de datos obtenidos de las grabaciones en la calle 10 de agosto	25
Tabla 6. Categorías de los vehículos estudiados.....	28
Tabla 7. Tiempos establecidos para el funcionamiento de los semáforos vehiculares	31
Tabla 8. Tiempos establecidos para el funcionamiento de los semáforos peatonales	32

Índice de figuras:

Figura 1. Módulos para semáforos vehiculares	7
Figura 2. Semáforos peatonales luz roja y verde	9
Figura 3. Ubicación de semáforos sin parterre	10
Figura 4. Ubicación de semáforos con parterre incluido	10
Figura 5. Diseño y dimensiones de la posición de semáforos	11
Figura 6. Intersección de rotonda o redondel en avenidas.....	13
Figura 7. Intersecciones de tres ramales	14
Figura 8. Diseño de intersección de 4 ramales	14
Figura 9. Ventana de trabajo del software PTV Vissim	16
Figura 10. Intersección de la calle 10 de agosto y Av. Manuel Agustín A.	19
Figura 11. Simulación 3D de las primeras variables agregadas en PTV Vissim.....	22
Figura 12. Simulación de la red vial en 3D con módulos semaforicos	23
Figura 13. Gráfica estadística de los tipos de vehículos que transitan en la Av. Manuel Agustín Aguirre.	25
Figura 14. Gráfica estadística de los tipos de vehículos que transitan en la calle 10 de agosto.	26
Figura 15. Flujo vehicular en la zona de estudio	27
Figura 16. Tipo de vehículos que circulan en la Av. Manuel Agustín Aguirre.....	27
Figura 17. Tipos de vehículos que circulan en la calle 10 de agosto.....	28
Figura 18. Crecimiento peatonal en la Av. Manuel Agustín Aguirre.....	29
Figura 19. Crecimiento peatonal en la calle 10 de agosto	30
Figura 20. Configuración del módulo de señales	33

Figura 21. Configuración de los tiempos de llegadas del transporte público	34
Figura 22. Simulación en 3D del transporte público	34
Figura 23. Configuración del ciclo semafórico	35
Figura 24. Nueva configuración del ciclo de semaforización	36
Figura 25. Adaptación de un carril de ciclovía en PTV Vissim	38
Figura 26. Simulación de un carril para tranvía en el simulador Vissim.....	40
Figura 27. Modificación de línea de bus.....	40
Figura 28. Simulación con la nueva distribución de la línea de buses	41

Índice de anexos:

Anexos 1. Tutorial para la instalación del software PTV Vissim.....	47
Anexos 2. Tutorial de creación de los tramos de vías.	49
Anexos 3. Tutorial del diseño de intersecciones e introducción de flujo vehicular.	51
Anexos 4. Tutorial para la creación de nuevos vehículos en la composición vehicular.	55
Anexos 5. Tutorial de Semaforización en Vissim	60
Anexos 6. Tutoriales de la colocación en 3D de los semáforos y luminaria	64
Anexos 7. Tutorial de creación de líneas de transporte público	67
Anexos 8. Tutorial de creación de paradas de buses	70
Anexos 9. Zona de estudio.....	73
Anexos 10. Certificación de traducción del resumen.	74

1. Título

**Simulación multimodal del tránsito en zonas conflictivas de la ciudad de
Loja**

2. Resumen

El presente trabajo de titulación se enfoca en obtener una simulación multimodal de una zona céntrica con importante flujo vehicular de la ciudad de Loja, esta simulación se realizó con el software PTV Vissim, el mismo que permitió agregar las variables involucradas para el análisis y gestión del flujo vehicular. Este proyecto se llevó a cabo para incrementar el interés en los estudiantes de Ingeniería Automotriz por el desarrollo de proyectos de movilidad sostenible y para proponer posibles soluciones que se puedan aplicar al problema del tráfico en la ciudad.

Los datos obtenidos para la realización de la simulación se los determinó mediante la observación de los videos en la zona de estudio, los cuales se grabaron durante horas pico, de 7 a 9, 12 a 14 y 17 a 19 horas. La zona de estudio se establece determinando algunos factores como la presencia de tráfico, el flujo peatonal y la presencia de transporte público. Los datos se clasifican por tipos de autos, peatones, ciclo semafórico, número total del transporte público y el conteo total de los vehículos que transitan por la avenida y por la calle secundaria.

En el software PTV Vissim, se inició con la elaboración de los tramos para después introducir el flujo vehicular, posteriormente se elaboró los tramos peatonales, los carriles para transporte público y la configuración de los semáforos tanto peatonal como vehicular.

La simulación obtenida puede visualizarse y analizarse en dos y tres dimensiones, permitiéndole al usuario tener una perspectiva real de lo que sucede en la zona de estudio, además permite modificar las variables para generar nuevas simulaciones. Finalmente se ha logrado obtener una simulación que a futuro podría usarse para generar nuevos proyectos de investigación y aplicación en torno a la movilidad sostenible.

Palabras claves: Movilidad sostenible, flujo peatonal, semaforización, flujo vehicular, tipos de semáforos.

2.1 Abstract

The present degree work focuses on obtaining a multimodal simulation of a central area with the congested vehicular flow in the city of Loja; this simulation was carried out by the PTV VISSIM software, the same one that allowed adding the variables involved for the analysis and management of the Vehicular flow. This project was carried out to increase the interest of Automotive Engineering students in the development of sustainable mobility projects and to propose possible solutions that can be applied to the problem of traffic in the city.

The data obtained to carry out the simulation was determined by observing videos in the study area recorded during peak hours, from 7 to 9, 12 to 14 and 17 to 19 hours. The study area is by determining some factors such as traffic, a large pedestrian flow and the presence of public transport. The data are classified by types of cars, pedestrians, traffic light cycles, the total number of public transport and the total count of vehicles that travel along the avenue and secondary street.

In the PTV VISSIM software, it began with the elaboration of the sections to later introduce the vehicular flow, later the pedestrian sections, the lanes for public transport and the configuration of both pedestrian and vehicular traffic lights were elaborated.

The simulation obtained can be viewed and analyzed in two and three dimensions, allowing the user to have a royal perspective of what happens in the study area; and allowing the variables to be modified to generate new simulations. Finally, it has been possible to obtain a simulation that in the future could be used to develop new research and application projects around sustainable mobility.

Keywords: Sustainable mobility, pedestrian flow, traffic lights, vehicular flow, types of traffic lights.

3. Introducción

El problema de tránsito en las ciudades ha experimentado un crecimiento durante los últimos años, debido al aumento del uso de medios de transporte como: vehículos y motocicletas, Loja no es la excepción; aunque se han implementado planes de movilidad sostenible, como la creación de ciclovías y el uso de monopatines eléctricos, esto solo ha generado una pequeña reducción en el tráfico, pero se mantiene en sectores bastante concurridos como las avenidas principales y calles céntricas de la ciudad.

La falta de estudios relacionados con temas de movilidad y transporte es uno de los motivos de la realización de este proyecto de titulación, el cual se basa en realizar una simulación sobre una de las zonas más afectadas por la congestión del tránsito.

Algunos de los estudios del sector de gestión de transporte mencionan los problemas que se presentan en la ciudad, (Ruiz, Sánchez, & Arteaga, 2019) mencionan que los semáforos no se encuentran funcionando ni sincronizados por lo que se presentan retrasos de 35 a 80 segundos dentro del sector urbano de la ciudad. Mientras que (Ogoño & Orozco, 2020) presenta niveles de servicio semaforico de tipo C y D lo que significa demora del tráfico de 20,1 a 35 segundos y 35,1 a 55 segundos.

El uso del software PTV Vissim es de gran importancia en el desarrollo de este proyecto, mediante este programa se efectúa la simulación correspondiente. Incluye la oportunidad de analizar la gestión de movilidad, creación de tramos viales, análisis de flujos peatonales y vehiculares, control de redes de semaforización, creación de proyectos de movilidad sostenible.

Los objetivos planteados dentro de este trabajo de titulación son los siguientes; determinar la zona de estudio con base a indicadores estadísticos, encuestas desarrolladas y otras variables que influyen en la determinación del tráfico vehicular. Realizar la simulación en PTV Vissim con los datos obtenidos durante la investigación. Analizar resultados y proponer soluciones al problema del tráfico vehicular en la zona de estudio.

4. Marco Teórico

4.1 El Tránsito

4.1.1 *Definiciones.*

“El tránsito se define como la acción de transitar, ya que es un lugar o sitio donde se pasa de un lugar a otro” (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019, pág. 33).

Transportar: “llevar una cosa de un paraje o lugar a otro. Llevar de una parte a otra por el porte o precio convenido (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019, pág. 33).

Transporte o transportación: “Acción y efecto de transportar o transportarse” (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019, pág. 33).

Transitar: “Acción de ir o pasar de un punto a otro por las vías, calles públicas” (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019, pág. 33).

4.1.2 *Características del Tránsito.*

El sistema mundial de transporte de una región o ciudades se considera como un sistema multimodal simple. El análisis del modelo de transporte vial no puede mantenerse al margen del análisis del sistema social, así como económico y a su vez político de la región. Se consideran los diversos factores y las limitaciones de los automotores y los usuarios como elementos del sistema de tránsito. Se analiza la velocidad, de la misma manera el volumen y la densidad, otros factores son el origen y destino del movimiento, de la misma manera, la capacidad de las calles y carreteras; y el funcionamiento de diferentes pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc. (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019)

Algunas de las características que destacan son:

El transporte está inmerso en el movimiento comercial, por lo que todos los proyectos de transporte deberán tomar siempre en cuenta la integración hasta en los más mínimos detalles de su concepción y de la misma forma en ejecución (Quintero, 2017).

Se analizan los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se investigan la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento; la capacidad de las calles y carreteras; el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas; se analizan los accidentes, etc. (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019).

4.2 Semaforización.

4.2.1 Semáforos

Los semáforos cuentan con una serie de elementos físicos, como cabeza, lente, visera y soportes.

Cabeza. – Contiene partes visibles en el semáforo, la cual contiene determinado número de caras orientadas en otras direcciones (Romero Guzmán, 2013).

Soportes. – Estructuras utilizadas para sostener la cabeza del semáforo que tiene como utilidad situar las señales luminosas del semáforo de una manera estratégica para que de esta manera el conductor y el peatón tengan una mejor visibilidad.

Cara. – Conjunto de unidades ópticas como lo son: relectores, lente, parabrisa, lámpara o bombillo. En los semáforos existirán al menos dos o tres unidades ópticas que regulan y controlan el movimiento del sistema de tránsito.

Lente. – Refleja y dirige la luz proveniente de la lámpara en la dirección que se necesita (Romero Guzmán, 2013).

Unidad de Control. – Este mecanismo dirige y opera un orden al momento de realizar el cambio respectivo de las luces en los semáforos (Romero Guzmán, 2013).

Detectores. – Dispositivos que registran y ayudan a transmitir los distintos cambios que se efectúan en una determinada variable del tránsito.

La semaforización en los cruces o pasos de peatones suelen considerarse la única o más eficaz alternativa a la congestión del tráfico o los problemas de seguridad. Por lo tanto, su uso es indiscriminado y su aplicación podría haber sido de otro tipo. Una medida de bajo costo, pero igualmente eficaz para resolver situaciones de conflicto. Por lo tanto, es muy importante comprender las ventajas y desventajas de las intersecciones prioritarias en comparación con las semaforizadas (Jouravlev, 2004).

Las ventajas de utilizar un semáforo a diferencia con regular la señal de prioridad son las siguientes:

- A medida que se reduce el número de accidentes entre vehículos en diferentes direcciones de conducción (generalmente los accidentes más graves), se mejora la seguridad vial; además, al otorgar alternativamente derechos de acceso prioritario, se

reducen los conflictos entre vías prioritarias y usuarios de vías secundarias. Esto incluye instalaciones especiales para peatones y ciclistas (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019).

- Reducir las demoras de conductores y pasajeros en carreteras secundarias debido a niveles específicos de tráfico prioritario.

Las desventajas de la semaforización se pueden resumir en:

- Causan demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente en caso de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesiva duración de la luz roja o del tiempo del ciclo semafórico.
- Incremento, en muchos de los casos, de las demoras en su totalidad de conductores, de pasajeros y todos los peatones, este aumento es mucho mayor en cuanto a la medida en que la programación del semáforo no es la óptima y los niveles de demanda son bajos.
- La existencia de costos de mantenimiento periódico de los equipos semafóricos y sistemas adicionales y de actualización de programaciones, mientras la intersección permanezca semaforizada (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019).

4.2.2 Tipos de Semáforos

Existen dos tipos de semáforos: vehiculares, peatonales.

Los Semáforos Vehiculares. Se usan en las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular, y en donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal (Piña & Zúñiga, 2017)

Figura 1.

Módulos para semáforos vehiculares



Nota: Tomada de Reglamento técnico ecuatoriano (p, 12) por INEN, 2012

Colores de luces de los semáforos vehiculares. Los semáforos vehiculares cuentan con tres colores de luces circulares, instalados verticalmente en el siguiente orden: rojo, amarillo y verde; algunas veces cuando es necesario de acuerdo con los estudios de tránsito, se instalan símbolos con luces extras que indican flechas rojas, amarilla o ámbar y verdes; están compuestos por módulos unitarios acoplables.

Luz roja fija. Significa que el tránsito vehicular frente a esta luz, debe detenerse atrás de la línea de pare.

Luz roja intermitente con lente circular. Su significado es similar a una señal vertical de pare; los conductores frente a estas luces deben detenerse obligatoriamente y proseguir con precaución a través de la intersección solamente si no hay peligro de colisión o atropello con otro vehículo o peatón.

Luz amarilla o ámbar, con lente circular. Indica que el derecho de paso dado por la luz verde se termina y que la luz roja se encenderá inmediatamente. El conductor debe reducir la velocidad del vehículo y detenerse detrás de la línea de pare.

Luz amarilla intermitente, con lente circular. Esta señal es similar a una señal de tipo vertical de ceda el paso, en donde los conductores cuando se encuentren frente a estas luces pueden avanzar a través de la intersección en el caso de no existir peligro de colisión o atropello con otro vehículo o peatón. Se aplica la siguiente regla: el vehículo que se aproxima por la parte derecha tiene derecho de paso.

Luz verde fija, con lente circular. En este caso, el tránsito vehicular que se encuentra frente a esta luz debe avanzar recto, girar a la derecha izquierda, a menos que una señal vertical u horizontal indique prohibición de estos giros. El tránsito que vira a la derecha o izquierda debe brindar el derecho de paso a los demás vehículos y a los peatones si es que existe peligro de colisiones o atropellos. En el caso de los peatones en frente a esta luz verde pueden avanzar al cruzar la calzada en paralelo a los movimientos vehiculares.

Los Semáforos Peatonales. Los semáforos peatonales pueden disponer de diferentes lentes en forma geométrica tanto, rectangulares como cuadrados o circulares, lo que se utilizan para controlar la seguridad del peatón al realizar un cruce en la calzada (INEN 2012).

Estos semáforos se pueden clasificar en:

Imágenes dinámicas. Se representan por imágenes que realizan un movimiento y conteos regresivos las imágenes pueden ser: una figura de hombre caminando en color verde; o una mano en color rojo intermitente o números regresivos de colores; verde, amarillo o blanco.

Imágenes fijas. Representados por una figura de un hombre caminando de color verde, y la figura de una mano en señal de pare (INEN 2012).

Figura 2.

Semáforos peatonales luz roja y verde



Nota: Tomada de *Reglamento técnico ecuatoriano* (p, 14) por INEN, 2012.

Semáforos que se accionan por medio del tránsito. Estos semáforos se caracterizan porque la duración de los distintos ciclos responde a las variaciones de tránsito vehicular. Esta característica se registra por medio de dispositivos de detección que se conectan al control de semáforo.

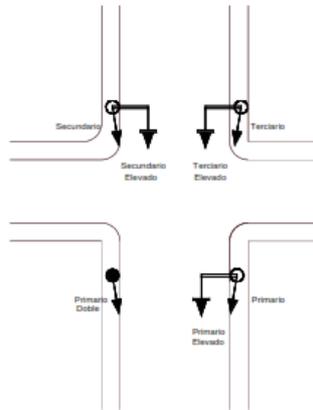
Este control se puede configurar de manera indefinida en la duración que se establezca del ciclo y en la división interior para el mismo, de esta manera, satisface la demanda. Al existir diferentes fases, produce que no todas las secuencias de estas sean fijas, ya que al no existir una demanda que se justifique, se puede omitir cualquier ciclo. Si el detector solo se usa en ciertas intersecciones, el tipo de control se llama semi-drive. Si se usa en todas las visitas, se denomina unidad completa.

4.2.3 Ubicación de Semáforos.

Los lugares de ubicación generales se muestran en la siguiente figura, en donde se observa que se aplican a otras aproximaciones para diseño de vías con intersecciones; como, por ejemplo, intersecciones en T y aproximaciones a cruces peatonales.

Figura 3.

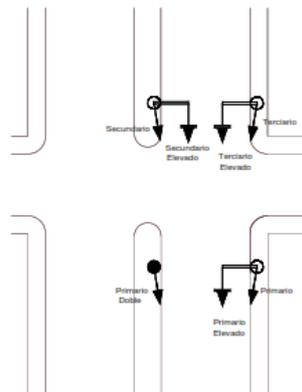
Ubicación de semáforos sin parterre



Nota: Tomada de *Reglamento técnico ecuatoriano* (p, 16) por INEN, 2012.

Figura 4.

Ubicación de semáforos con parterre incluido



Nota: Tomada de *Reglamento técnico ecuatoriano* (p, 16) por INEN, 2012.

La cabeza del semáforo se puede encontrar sobre la vía o a los bordes de esta, la parte inferior del semáforo debe estar por encima de la altura máxima que se permite a los vehículos para circular. Cuando el semáforo no se encuentra en la calzada lo normal es que se pueda encontrar acoplado a una columna o puede estar inmerso en otras columnas existentes como las del alumbrado, pero no siempre es recomendable (Romero Guzmán, 2013).

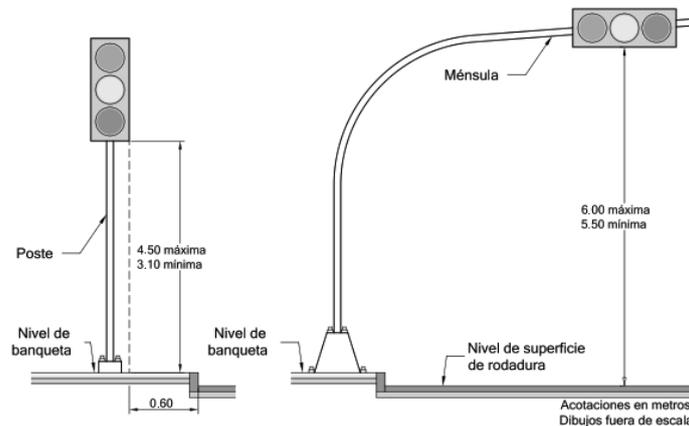
Se recomienda que en una intersección existan al menos dos semáforos para cada dirección, el cual trae como ventajas que si un vehículo grande impide la visión a los demás, siempre quede otro visible.

Existen dos maneras de ubicar los semáforos en intersecciones.

La primera es que las caras de semáforos se colocan pasado el cruce lo que significa que se encuentra entre el semáforo y la línea de detención de la intersección. La segunda es ubicar el semáforo antes del acceso a la intersección.

Figura 5.

Diseño y dimensiones de la posición de semáforos



Nota: Tomada de *Ingeniería de tránsito* (p, 499), por Cal, Reyes, & Cárdenas, 2015.

4.2.4 Fase ciclo y despeje

Ciclo. Tiempo transcurrido desde que se efectúa el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de esta acción después de realizada una secuencia de maniobra completa en los semáforos conectados a un mismo regulador (Romero Guzmán, 2013, pág. 17).

Fase. Es cada una de las divisiones del ciclo en donde la configuración establecida de colores de todos los grupos semafóricos permanece invariable.

Despeje. Es el tiempo necesario para que los vehículos que ingresaron a la intersección salgan de esta zona totalmente libres para que ingresen vehículos de distintos ramales sin que exista peligro de colisión.

4.3 Diseño de Vías Urbanas.

El transporte sostenible requiere acciones para reducir la demanda de viajes, promover cambios en el transporte, acortar las distancias de viaje y mejorar la eficiencia del sistema de transporte (Quintero, 2017).

4.3.1 Autopistas y Vías Rápidas.

Las carreteras son aquellas que facilitan el movimiento rápido de grandes cantidades de tráfico entre regiones, a través o alrededor de ciudades o áreas urbanas. (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019).

4.3.2 Calles Principales.

Son aquellas que permiten que el tráfico fluya entre zonas o partes urbanas. Proporcionan servicios directos a los principales generadores de tráfico y están conectados a carreteras y sistemas de carreteras. (Pacheco & Zúñiga, 2017).

4.3.3 Calles Locales.

Pueden ingresar directamente a propiedades adyacentes, ya sea con fines residenciales, comerciales, industriales u otros; además de facilitar el tránsito local a residencial. Están conectados directamente a la calle de recogida y / o calle principal. (INEN, 2011).

4.3.4 Intersecciones en Vías Urbanas

La intersección es el área en donde 2 o más vías se encuentran, las que producen movimiento de tráfico. Es la parte más importante en una red urbana vial, la cual permite el control de la seguridad, la eficiencia y directamente la velocidad de la circulación.

Tipos

Intersecciones giratorias. En esta intersección se encuentran distintos ramales de vías en un anillo de circulación antihoraria, y que, además, contiene un círculo medio, en cuanto a la movilidad, todos los vehículos dentro de este tienen preferencia de paso. Se pueden encontrar diferentes tipos de intersecciones giratorias como mini glorietas, glorietas semaforizadas, glorietas dobles, etc. (Rolón, 2006).

Figura 6.

Intersección de rotonda o redondel en avenidas



Nota: Tomada de *Diseño geométrico de la conexión vial para el sistema integrado de transporte de dos vías arterias en la ciudad de Bogotá* (p, 18), por W. Duquino, 2016.

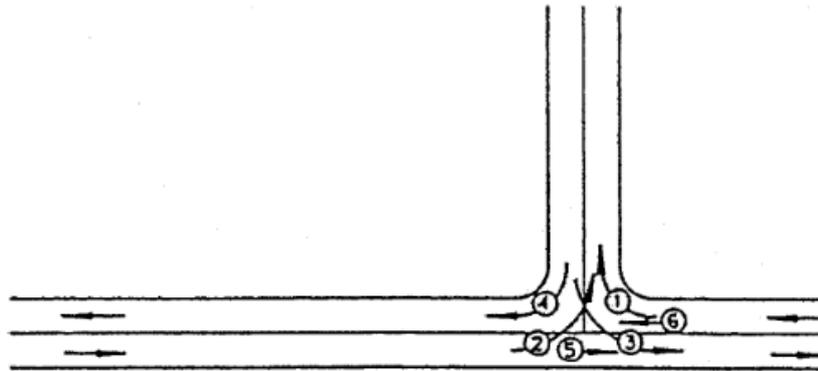
Intersecciones sin sistema de regulación: estas intersecciones son las que admiten una libre circulación del tránsito, habitualmente se las utiliza para volúmenes pequeños de tráfico y dependen del sentido de la jerarquía vial.

Intersecciones en T: se utiliza para un cruce en carreteras secundarias, en donde hay un bajo flujo de tráfico. Existen diferentes modificaciones las que presentan canalizadores que permiten disminuir el conflicto al momento de girar.

Intersecciones de tres ramales. Se conforma en general de dos tramos de una vía principal que siempre es una autopista, el tercero se constituye de una vía secundaria. También existe la posibilidad de encontrar con más de una obra de paso, en el caso de que existan más intersecciones en giros a la izquierda se puede acomodar un lazo, los cuales, pueden ser direccionales o semi direccionales.

Figura 7.

Intersecciones de tres ramales

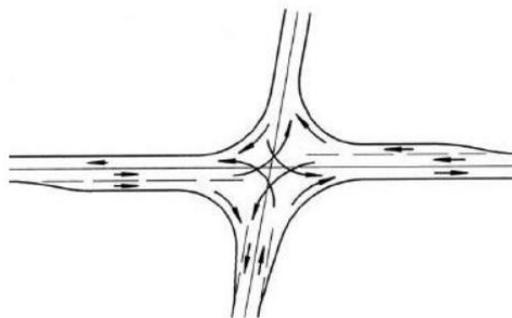


Nota: Tomada de *Diseño de intersecciones en vías urbanas* (p, 10), por V. Pinos, 2016.

Intersecciones de cuatro ramales: Estas intersecciones se las utiliza en cruce de autopistas de menor importancia, sirven para enlazar carreteras secundarias con carreteras principales.

Figura 8.

Diseño de intersección de 4 ramales



Nota: Tomada de *Diseño de intersecciones en vías urbanas* (p, 11), por V. Pinos, 2016.

4.4 Tráfico y Seguridad Vial

4.4.1 Definición.

El término "congestión" se utiliza a menudo en el contexto del tráfico de vehículos por técnicos y ciudadanos comunes. Suele entenderse como un estado en el que circulan muchos vehículos, y cada uno se desplaza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de naturaleza subjetiva y no son lo suficientemente precisas. (Jouravlev, 2004).

4.4.2 Características.

El sistema de transporte funciona bajo características propias muy particulares, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- La necesidad de transporte pocas veces se produce por un deseo de desplazarse, habitualmente son producto de la intención de acceder a los sitios en que se pueden realizar distintas actividades, las cuales se desarrollan en lugares diferentes (Tenemaza Ramos, 2021)
- Como queremos aprovechar al máximo el tiempo del día para diferentes actividades y tener la oportunidad de conectarnos con otras personas, la demanda de transporte varía mucho y tiene picos muy evidentes. (Piña & Zúñiga, 2017)
- El transporte se lleva a cabo en un espacio vial limitado fijo a corto plazo; es fácil entender que la capacidad vial no utilizada no se puede acumular para su uso posterior durante períodos de mayor demanda.

4.4.3 Señales de Tránsito.

Señalización Urbana. Las señales preventivas son tableros de símbolos con leyendas, que tienen la función de dar al usuario un aviso para prevenirlo de la existencia, sobre o a un lado de la calle o carretera, autopista o intersecciones, de un gran peligro con su naturaleza.

Las señales restrictivas. Su función es la de manifestar el cumplimiento por parte del usuario de las normas de tráfico en la calle. Puede restringir la circulación de vehículos, y su incumplimiento dará lugar a sanciones por parte de las autoridades de tránsito correspondientes. Podemos destacar las siguientes restricciones: De derecho de paso o de vía, de velocidad, de tránsito, de estacionamiento, etc.

Señales informativas. Son tableros con diferentes leyendas, flechas o pictogramas, que pueden guiar al usuario por un recorrido por carretera o calle de la ciudad, e informarle del nombre y ubicación de la ciudad, lugares de interés, distancia (en kilómetros). Pueden encontrarse sobre postes y marcos. (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2019).

4.5 Software de Simulación de Tráfico

4.5.1 Definición.

El software PTM Vissim permite representar los detalles de la infraestructura de la red analizada, es decir número de carriles, ancho, pendiente, curvaturas, etc. Otra de las virtudes de este software es que nos permite trabajar sobre una imagen de fondo que puede ser importada

de algún sistema de información geográfica como Google Maps o Google Earth o bien trabajar sobre el mapa que trae incorporado el programa.

4.5.2 Características.

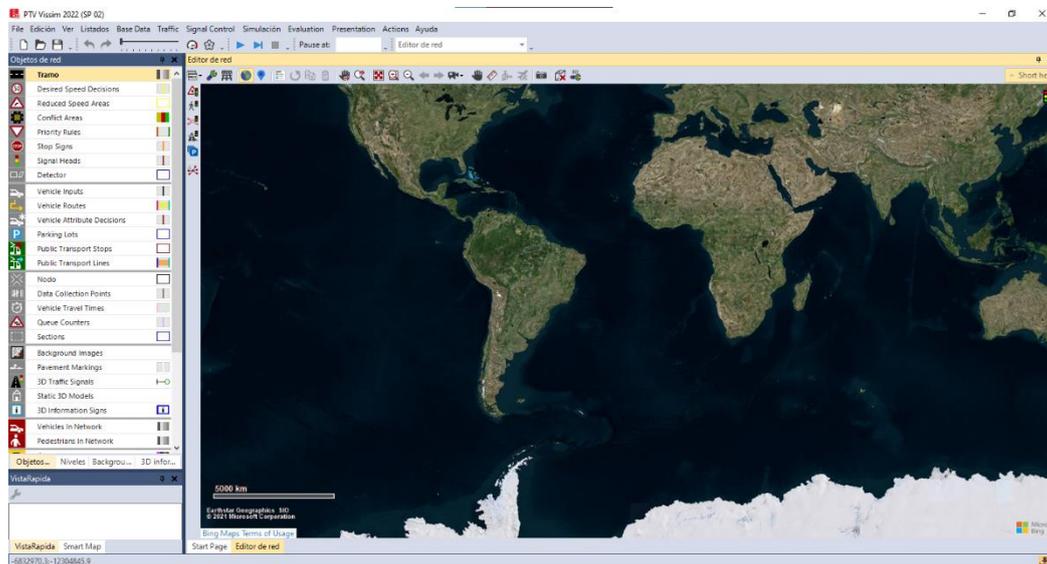
Simulación muy detallada o realista: PTV Vissim demuestra ser, a nivel mundial, un estándar para la realización del sistema de tráfico y el transporte y, que, por buena razón, ofrece una visión muy realista y bien detallada sobre el flujo vial y de todos los impactos, con la posibilidad de representar múltiples escenarios que pueden ser hipotéticos (PTV Planung Transport Verkehr AG, 2012).

El software de simulación del sistema de tráfico es de fácil uso y no requiere de ningún tipo de programación. PTV Vissim es mucho más robusto para la realización de la simulación de tráfico en cuanto al nivel microscópico, o mesoscópico e incluso híbrido.

Integración flexible. Se puede conectar sin ningún problema el software de simulación de tráfico a diferentes soluciones de software de PTV. En cuanto a la interfaz COM, esta también le permite interactuar con las diferentes aplicaciones externas.

Figura 9.

Ventana de trabajo del software PTV Vissim



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

Este software viene incorporado con diferentes controladores de tránsito, los cuales se los puede encontrar en la parte izquierda de la pantalla al ingresar al programa, entre estos se puede encontrar, las líneas o vías de tránsito, señales de tránsito, nudos, semaforización, volumen vehicular y peatonal, creación de pasos peatonales, entre otros.

4.5.3 Aplicaciones.

Simulación del Flujo Vial. La simulación da un acceso a imitar el tráfico en tiempo real de las diferentes ciudades o proyectos. Cuenta con diferentes escenarios para obtener una información valiosa que sirva como base para la toma de decisiones sobre los distintos entornos de la movilidad.

Los distintos modelos se pueden construir mediante datos supuestos o que a su vez sean pronosticados en caso de no disponer de datos reales. Para la obtención de resultados con más precisión, los movimientos del vehículo se pueden calibrar en la simulación, de tal modo que el comportamiento de la conducción automovilística transmita las condiciones del tráfico local (Belloti, 2019).

Sistemas Avanzados de Gestión de Tráfico. Los sistemas integrados de gestión del tráfico generan una reacción con mejor rapidez con el motivo de reducir el impacto de la congestión vehicular y los accidentes que se desarrollan con frecuencia en zonas con mucha afluencia. Con PTV Vissim, se puede realizar una muy amplia gama de los sistemas de gestión con el fin de aumentar la eficiencia en cuanto al flujo vial y de esta manera mejorar la seguridad vial de los distintos viajes realizados en carretera.

Micro Simulación Multimodal de Tráfico. Ayuda a la realización de simulaciones multimodal de tráfico. Al utilizar una simulación virtual de cualquier infraestructura, desde autopistas hasta centros de control, se pueden desarrollar múltiples escenarios hipotéticos con el fin de identificar los problemas y encontrar una mejor opción para los distintos tipos de transporte.

5. Metodología

5.1 Lugar.

El proyecto se realizó en la ciudad de Loja, se recolectaron los datos en una zona donde todos los días existe tráfico vehicular; la selección se realizó analizando diferentes zonas del casco céntrico de la ciudad, dentro de los puntos importantes se tuvo en cuenta el sistema de transporte público (buses). Se determinaron tres zonas para la toma de datos: intersecciones de las calles Colón y Av. Manuel Agustín Aguirre, 10 de agosto y Av. Manuel A. Aguirre, y la calle Mercadillo y Av. Manuel A. Aguirre.

Se efectuó una visita en las tres zonas, de las cuales se eligió la calle 10 de agosto y Av. Manuel A. Aguirre, dado que en este punto existe una parada de buses urbanos, y existe una gran cantidad de flujo peatonal, debido a que es la parada más próxima al mercado y parque central de la ciudad, esta zona está próxima a diferentes locales comerciales, por esta razón las personas tienen a transitar por este sector mucho más que en diferentes puntos de la ciudad.

Cabe mencionar que se elige este lugar de estudio por condiciones de seguridad del investigador, además no se cuenta con los recursos, ni el permiso necesario para la ubicación de una cámara de seguridad por lo que se opta en otro tipo de instrumentos como lo son una cámara de video y un smartphone para recolectar la información mediante video.

El sentido de la vía Norte-Sur en la intersección se la selecciona para el estudio debido a que para la recolección de datos en ambos sentidos de las avenidas conlleva a un estudio más extenso, y un procesamiento mucho más tardío de los datos que se requieren para la simulación. De esta manera se analiza el flujo vehicular y peatonal en un solo sentido de vía.

Figura 10.

Intersección de la calle 10 de agosto y Av. Manuel Agustín A.



Nota: Figura realizada por el autor

5.2 Obtención de Datos.

La recolección de datos se realizó mediante la investigación exploratoria y técnicas de observación para elegir la zona de estudio.

Para contar con datos reales, se utilizó un smartphone, una cámara de vídeo y una guía de observación, como instrumentos de observación y recolección de datos.

Tabla 1.

Horario de grabación para efectuar la toma de datos

Horarios	Grabaciones
07:00 - 08:00	1er Periodo de grabación
08:00 - 09:00	
12:00 -13:00	2do Periodo de grabación
13:00 -14:00	
17:00 -18:00	3er Periodo de grabación
18:00 -19:00	

En la tabla 1, se muestra el horario en el cual se realizó la grabación del video en la intersección de la calle 10 de agosto y Av. Manuel Agustín. El video se enfoca principalmente al flujo vehicular y peatonal del sector, al número de señales de tránsito, total de semáforos vehiculares y peatonales y el tiempo que se encuentra activado las 3 luces de los semáforos.

La recolección de los datos se efectuó mediante una hoja electrónica, se crearon diferentes archivos, y se utilizaron las guías de observación (tabla 2 y 3), el conteo de vehículos y personas, clasificación de los tipos de vehículos, y obtención de tiempos de cada luz del semáforo.

Tabla 2.

Guía de observación para la toma de datos de señales vehiculares

Calle				
Sentido de vía	Norte-sur	Oeste-Este		Doble Vía
Número de carriles	1	2	3	4
Tiempo de cambio Semáforo verde	Tiempo de cambio semáforo amarillo		Tiempo de cambio semáforo rojo	
Señales de tránsito				
Señales informativas		Señales restrictivas		Señales urbanas
Número de semáforos Vehiculares		Número de semáforos peatonales		

Tabla 3.

Guía de observación para la toma de datos de señales peatonales

Calle				
Sentido de paso	Norte-Sur	Oeste-este	Doble vía	
Número de carriles	1	2	3	4
Tiempo de cambio Semáforo verde peatonal	Tiempo de cambio semáforo rojo peatonal			
Señales de tránsito				
Señales informativas	Señales restrictivas		Señales urbanas	
Número de semáforos Vehiculares	Número de semáforos peatonales			

En la hoja electrónica se procesan los datos del flujo vehicular, para tener una eficiencia en el conteo se realizó a partir de cada 15 minutos para analizar el flujo del tránsito de las horas pico, ya que existen ciertos lapsos donde se acumula y se genera un incremento en el flujo vehicular y peatonal.

En cuanto al flujo peatonal y vehicular, se efectuó el procesamiento de datos en la hoja electrónica, para la creación de las tablas se clasificaron a las personas mayores de edad en mujeres y hombres, esto debido a que el programa de simulación permite colocar específicamente el volumen y tipo de personas. El análisis se realizó cada 30 minutos para obtener un número acumulado de personas y la facilidad al momento de obtener el volumen.

Mediante la guía de observación creada en la hoja electrónica, se ingresó los datos de las grabaciones de video, de las cuales se obtiene los tiempos que permanecen activadas cada luz de los semáforos peatonales y vehiculares. Se tomaron también en cuenta las señales de tránsito, las paradas de buses, los carriles que tienen las calles y avenidas, el sentido de dirección (norte, sur, este, oeste).

Con los datos de cada hora, se elaboró una tabla para detallar el tiempo vehicular cada 15 minutos durante las seis horas de grabación del video; con esto, se obtuvo la información

de los tiempos de semáforos para entender si funcionan dependiendo de la zona horaria y del flujo vehicular.

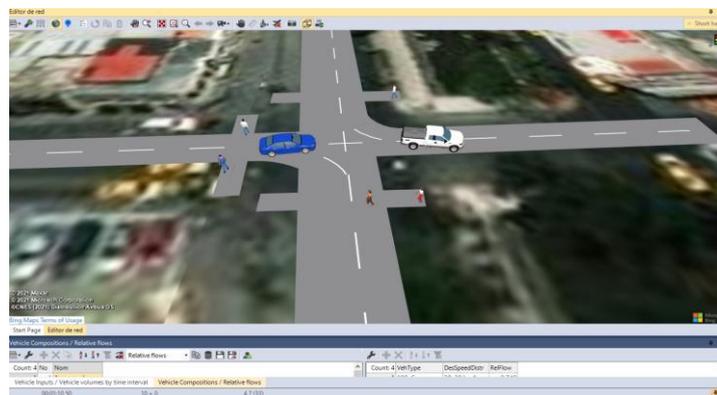
Para obtener los valores necesarios para la simulación se necesita calcular el porcentaje del flujo vehicular y peatonal; por lo tanto, con la aplicación de una regla de tres, se obtienen los datos para crear la simulación.

5.3 Simulación.

La simulación de las zonas se elaboró en el programa PTV Vissim, se creó un nuevo proyecto siguiendo las instrucciones del tutorial realizado por el autor de este proyecto de titulación (Anexos), luego se ubicó la ciudad de Loja y se identifica la zona establecida, se procede a introducir las variables de acuerdo con los datos obtenidos para obtener la simulación del tránsito vehicular y peatonal, y de las variables que permiten la configuración de los semáforos.

Figura 11.

Simulación 3D de las primeras variables agregadas en PTV Vissim



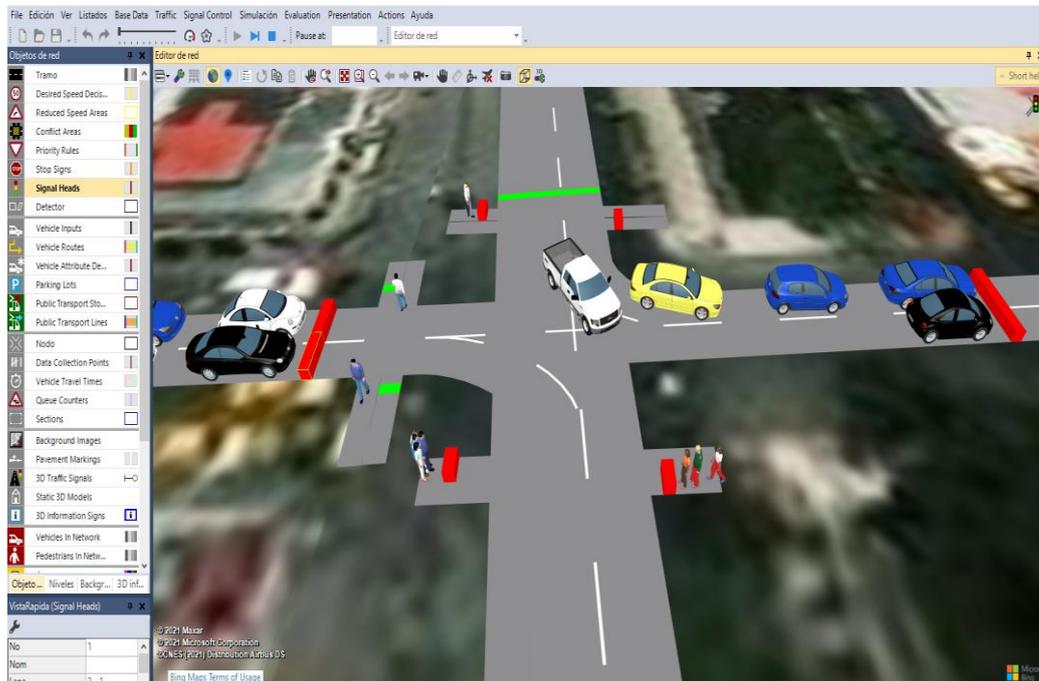
Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

Al obtener la primera simulación se observó que existe el paso peatonal y vehicular al mismo tiempo, para poder controlar esta situación dentro de la simulación se colocaron los semáforos peatonales y vehiculares en los mismos lugares que se encontraron en la intersección de la calle 10 de agosto.

La configuración del módulo de señales se creó colocando el ciclo del tiempo de servicio de los semáforos peatonales como vehiculares, esto se calculó sumando el tiempo en el que se encuentra encendida la luz roja y el tiempo de la luz verde de los dos tipos de semáforos. En la simulación se construye la configuración siguiendo los pasos del tutorial del anexo 5.

Figura 12.

Simulación de la red vial en 3D con módulos semafóricos.



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

Para la construcción de las líneas de transporte público se tomó en cuenta los videos de las 18:00 pm a las 19:00 pm para calcular el tiempo en el que iban llegando los buses a las paradas, toda esta información se la introdujo directamente en el programa ya que permite producir una tabla de desfase horario.

6. Resultados

6.1 Resultados de la recolección de datos

Después de analizar los videos y las guías de observación, se obtuvo como resultado las tablas 4 y 5, en donde se presentan los tipos de vehículos que circulan por la intersección de la zona de estudio.

Tabla 4.

Conteo de datos obtenidos de las grabaciones en la Av. Manuel Agustín Aguirre

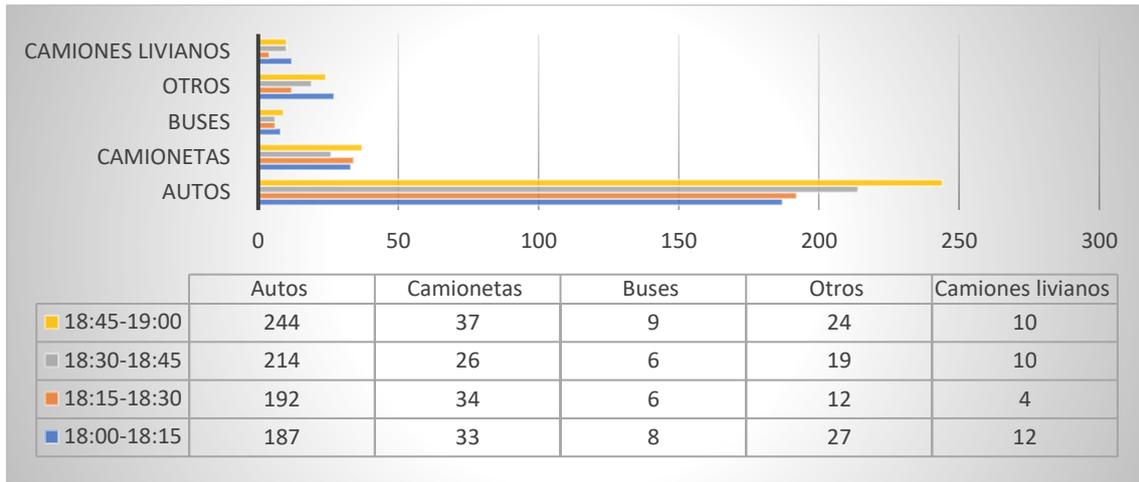
(C/15min)	Vehículos de pasajeros				Vehículos de carga	TOTAL	Vehículos x Hora
	Autos	Camionetas	Buses	Otros	Camiones		
07:00-07:15	102	22	8	9	9	150	690
07:15-07:30	114	22	8	6	3	153	
07:30-07:45	100	21	7	11	11	150	
07:45-08:00	171	29	7	16	14	237	926
08:00-08:15	174	36	8	22	9	249	
08:15-08:30	170	41	8	13	9	241	
08:30-08:45	158	24	7	13	8	210	
08:45-09:00	169	28	7	13	9	226	967
12:00-12:15	192	33	7	13	9	254	
12:15-12:30	198	35	6	17	6	262	
12:30-12:45	160	20	7	16	7	210	
12:45-13:00	175	31	7	16	12	241	957
13:00-13:15	170	30	7	18	9	234	
13:15-13:30	181	29	6	18	7	241	
13:30-13:45	175	26	7	20	4	232	
13:45-14:00	187	27	8	17	11	250	948
17:00-17:15	201	30	7	10	3	251	
17:15-17:30	154	22	6	19	6	207	
17:30-17:45	216	24	7	18	9	274	
17:45-18:00	171	23	6	12	4	216	1114
18:00-18:15	187	33	8	27	12	267	
18:15-18:30	192	34	6	12	4	248	
18:30-18:45	214	26	6	19	10	275	
18:45-19:00	244	37	9	24	10	324	
Total 6 Horas	4175	683	170	379	195	5602	

La intersección de las calles 10 de agosto y Av. Manuel Agustín Aguirre son de las zonas más transitadas de la ciudad de Loja, el horario con un incremento de tráfico vehicular fue de 18:00 a 19:00 con un flujo de 1114 vehículos por hora que transitan por la avenida y

453 vehículos para la calle 10 de agosto. La Figura 13 representa el conteo del flujo vehicular por cada 15 minutos de la hora de simulación, se observa que existe un crecimiento por parte de los vehículos mientras más se acercan las 19:00.

Figura 13.

Gráfica estadística de los tipos de vehículos que transitan en la Av. Manuel Agustín Aguirre.



Nota: Figura realizada por el autor.

Tabla 5.

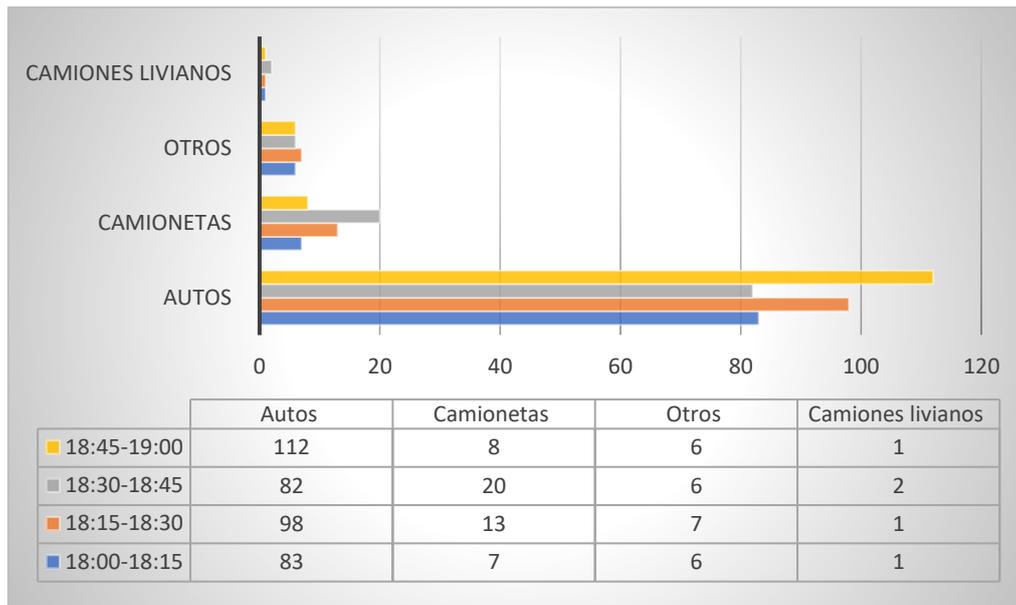
Conteo de datos obtenidos de las grabaciones en la calle 10 de agosto

Hora (C/15min)	Vehículos de pasajeros			Vehículos de carga	TOTAL	Vehículos x Hora
	Autos	Camionetas	Otros	Camiones		
08:00-08:15	93	9	7	3	112	391
08:15-08:30	73	10	3	2	88	
08:30-08:45	86	17	4	3	110	
08:45-09:00	67	10	1	3	81	
12:00-12:15	101	17	4	4	126	451
12:15-12:30	106	13	8	3	130	
12:30-12:45	82	9	6	0	97	
12:45-13:00	78	8	8	4	98	
13:00-13:15	101	7	13	2	123	403
13:15-13:30	92	12	4	3	111	
13:30-13:45	72	10	5	0	87	
13:45-14:00	71	6	3	2	82	
17:00-17:15	82	7	3	2	94	382
17:15-17:30	65	15	9	2	91	
17:30-17:45	87	14	4	2	107	
17:45-18:00	70	9	10	1	90	

18:00-18:15	83	7	6	1	97	453
18:15-18:30	98	13	7	1	119	
18:30-18:45	82	20	6	2	110	
18:45-19:00	112	8	6	1	127	
Total 6 Horas	1951	288	129	51	2419	

Figura 14.

Gráfica estadística de los tipos de vehículos que transitan en la calle 10 de agosto.

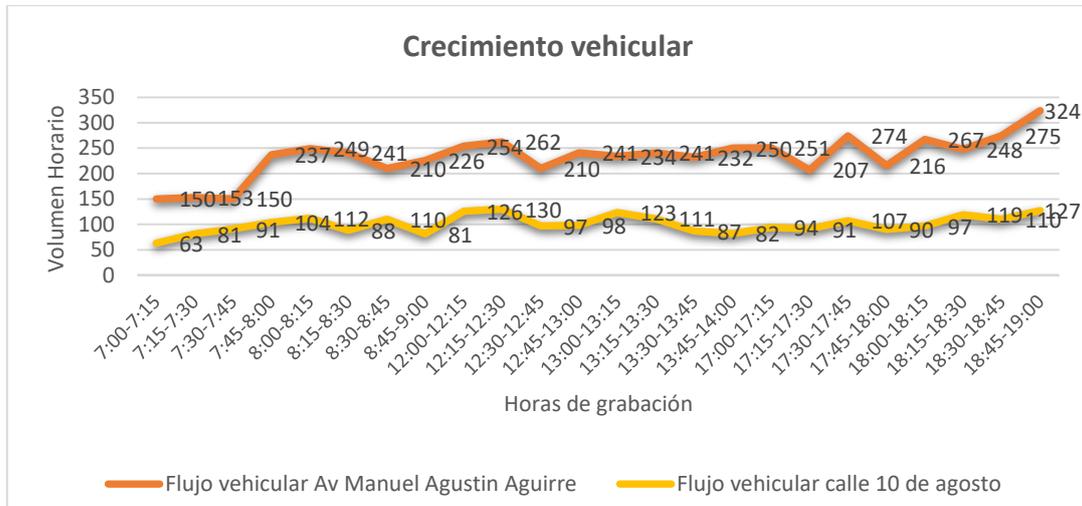


Nota: Figura realizada por el autor.

A comparación de las demás horas de grabación realizada, se notó el incremento del paso vehicular en la zona de estudio tanto para los medios de transporte que circulan en la avenida como para la calle secundaria (Figura 15).

Figura 15.

Flujo vehicular en la zona de estudio.



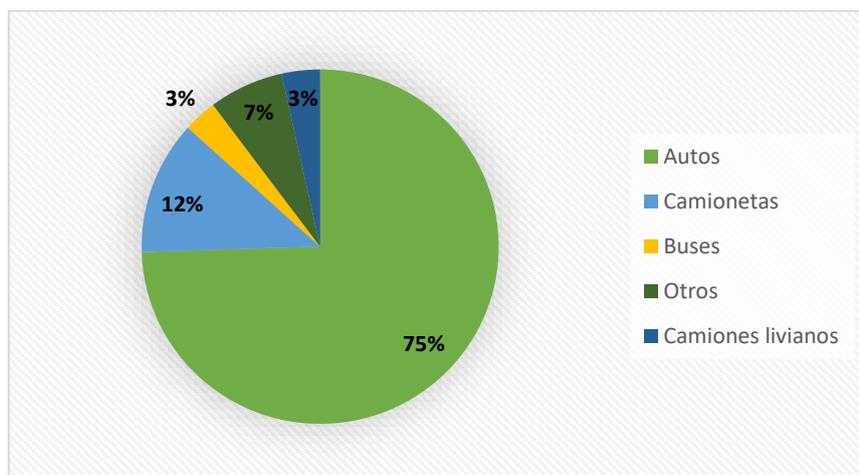
Nota: Figura realizada por el autor.

Durante las 6 horas de grabación se logró calcular un valor de 5602 y para la calle secundaria 2419 vehículos. La representación de los tipos de vehículos y el porcentaje de cada uno de ellos que se calculó durante las grabaciones se observa en la Figura 16 y la Figura 17.

La Figura 16 representa el porcentaje total de vehículos que circularon en la Av. Manuel Agustín Aguirre, los autos tuvieron mayor presencia con un 75% esto debido a que se contabilizan también los taxis y vehículos particulares. El 25% restante se divide en las camionetas, buses, otros, y camiones livianos.

Figura 16.

Tipo de vehículos que circulan en la Av. Manuel Agustín Aguirre.

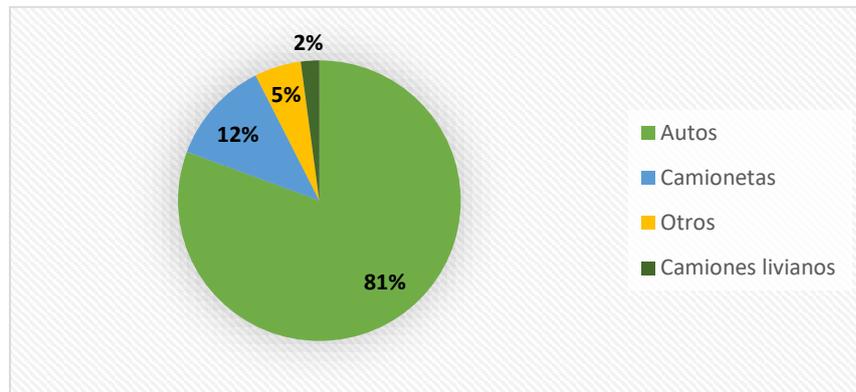


Nota: Figura realizada por el autor.

Por otra parte, en la calle secundaria o calle 10 de agosto se presenta la Figura 17 representando el porcentaje de los tipos de vehículos que más transitan por esta vía. En este tramo de vía circulan, con un mayor porcentaje, los autos con un 81%, existe un incremento del porcentaje debido a que se omiten los buses ya que en esta vía no existe el paso del transporte público. A comparación con la Figura 16, el porcentaje de otros vehículos es menor al de la calle principal.

Figura 17.

Tipos de vehículos que circulan en la calle 10 de agosto.

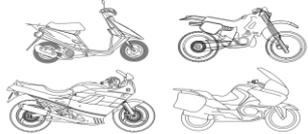


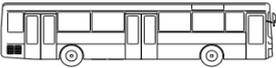
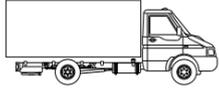
Nota: Figura realizada por el autor.

Los tipos vehículos estudiados durante esta investigación tienen diferentes clasificaciones y subclasificaciones de las cuales se destacan en la Tabla 6.

Tabla 6.

Categorías de los vehículos estudiados

Categoría	Subcategoría	Código	Tipo	Imagen
L	L3	MTO	Motocicleta	
		SED	Sedán	
M	M1	HBK	Hatchback	
		SWG	Station wagon	

	M3	BUS	Bus	
N	N1	CMT	Camioneta	
		CMTDC	Camioneta doble cabina	
	N2	CCP	Camión	

Nota: tomado de (NTE INEN, 2016),

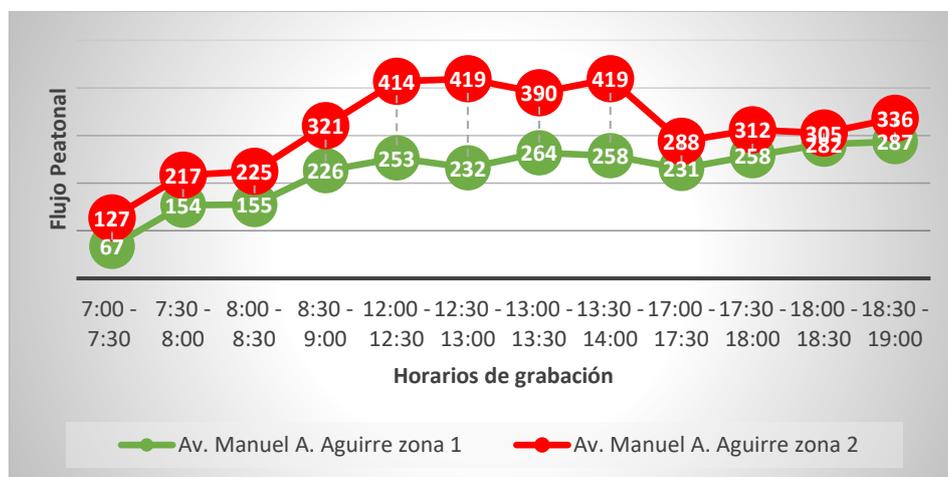
El flujo peatonal durante la hora de la simulación es mayor para el paso peatonal de la avenida, un aspecto importante que destacó es que en esta zona de estudio se encuentra ubicada una parada de bus por lo que existe un gran movimiento de personas.

El paso de peatones en la zona genera una división de zonas, en cada zona se subdividió en el tipo de dirección que están caminando cada persona, puede ser de norte a sur o sur a norte, este a oeste, y oeste a este.

Obtenido los valores de volumen peatonal se analizó cada horario de lo que encontramos un mayor flujo de personas al medio día, y en la tarde. En la Figura 18 está representado las dos zonas de estudio de la Av. Manuel Agustín Aguirre, se pudo apreciar que la zona 2 tiene un mayor número de peatones, esto debido que esta zona se encuentra una parada de bus.

Figura 18.

Crecimiento peatonal en la Av. Manuel Agustín Aguirre

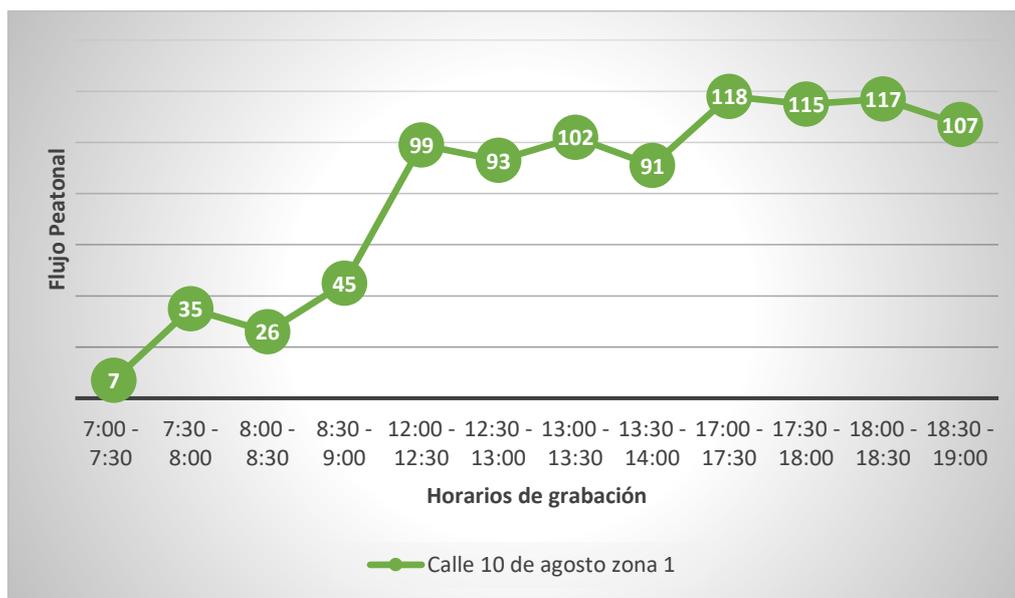


Nota: Figura realizada por el autor

En la calle 10 de agosto se presentó una situación parecida, el volumen peatonal tuvo su mayor crecimiento en los horarios del medio día y en la tarde, el valor total de peatones que han transitado en la zona durante los horarios de grabación en las horas pico es de 955 personas entre hombres y mujeres. La Figura 19 ilustra la línea de tiempo del crecimiento peatonal durante los diferentes horarios de grabación.

Figura 19.

Crecimiento peatonal en la calle 10 de agosto



Nota: Figura realizada por el autor.

La configuración semafórica se encuentra detallada en la Tabla 7, los valores del tiempo de los semáforos son iguales en todas las horas, excepto en los primeros 10 minutos de las 07:00 am, donde existió un tiempo mayor en el cambio de los semáforos, esto sucedió, debido que al empezar las 07:00 am no existe mucho flujo vehicular, lo que se comprobó observando las tablas 4 y 5, en donde los datos obtenidos en los primeros 15 minutos dan un valor de 150 automotores en la avenida y un total de 60 en la calle 10 de agosto, valores que son menores en comparación con los otros datos totales.

Después se regulan los semáforos y se configuran automáticamente los valores de los demás tiempos de los semáforos.

Tabla 7.

Tiempos establecidos para el funcionamiento de los semáforos vehiculares

(C/19min)	Semáforo vehicular verde Avenida	Semáforo vehicular rojo Avenida	Semáforo vehicular Amarillo Avenida	Semáforo vehicular verde 10 de agosto	Semáforo vehicular rojo 10 de agosto	Semáforo vehicular amarillo 10 de agosto
07:00-07:10	76s	44s	03s	41s	79s	03s
07:10-07:20	56s	44s	03s	41s	59s	03s
07:20-07:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
07:30-08:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s
08:00-08:15	56s	44s	03s	41s	59s	03s
08:15-08:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
08:30-08:45	56s	44s	03s	41s	59s	03s
08:45-09:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s
12:00-12:15	56s	44s	03s	41s	59s	03s
12:15-12:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
12:30-12:45	56s	44s	03s	41s	59s	03s
12:45-13:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s
13:00-13:15	56s	44s	03s	41s	59s	03s
13:15-13:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
13:30-13:45	56s	44s	03s	41s	59s	03s
13:45-14:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s
17:00-17:15	56s	44s	03s	41s	59s	03s
17:15-17:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
17:30-17:45	56s	44s	03s	41s	59s	03s
17:45-18:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s
18:00-18:15	56s	44s	03s	41s	59s	03s
18:15-18:30	56s	44s	03s	41s	59s	03s
18:30-18:45	56s	44s	03s	41s	59s	03s
18:45-19:00	56s	44s	03s	41s	59s	03s

Tabla 8.*Tiempos establecidos para el funcionamiento de los semáforos peatonales*

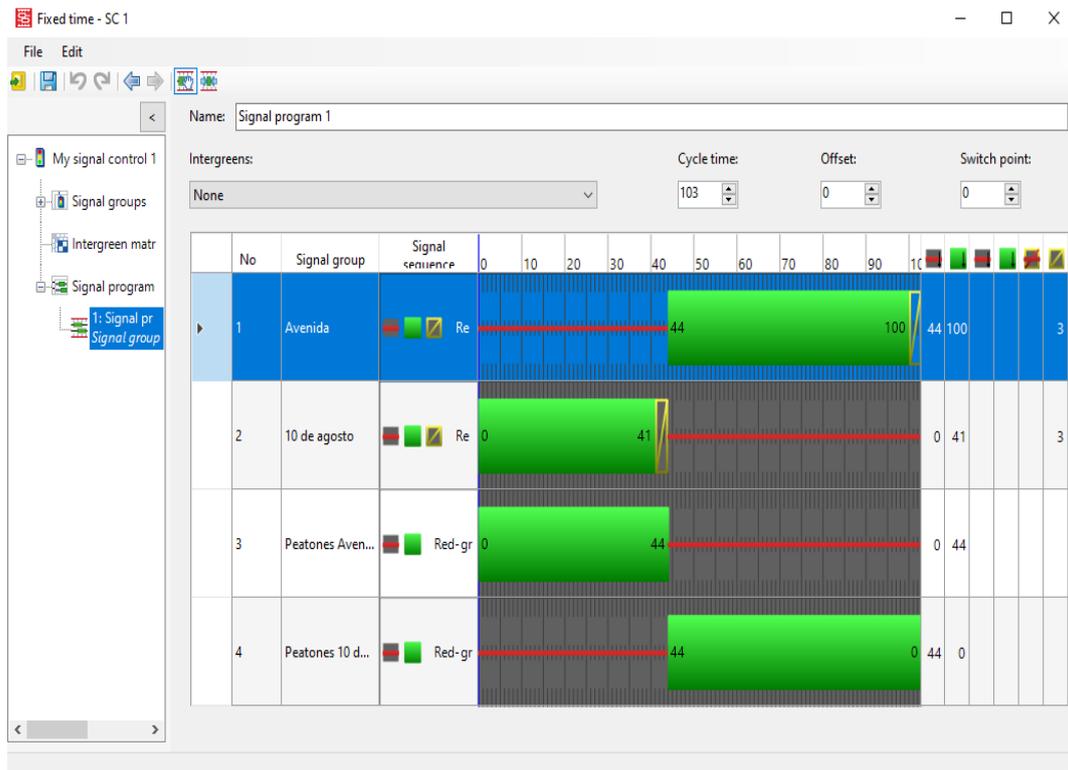
(C/19min)	Semáforo peatonal verde Avenida	Semáforo peatonal rojo Avenida	Semáforo peatonal verde 10 de agosto	Semáforo peatonal rojo 10 de agosto
07:00-07:10	44s	78s	78s	44s
07:10-07:20	44s	58s	58s	44s
07:20-07:30	44s	58s	58s	44s
07:30-08:00	44s	58s	58s	44s
08:00-08:15	44s	58s	58s	44s
08:15-08:30	44s	58s	58s	44s
08:30-08:45	44s	58s	58s	44s
08:45-09:00	44s	58s	58s	44s
12:00-12:15	44s	58s	58s	44s
12:15-12:30	44s	58s	58s	44s
12:30-12:45	44s	58s	58s	44s
12:45-13:00	44s	58s	58s	44s
13:00-13:15	44s	58s	58s	44s
13:15-13:30	44s	58s	58s	44s
13:30-13:45	44s	58s	58s	44s
13:45-14:00	44s	58s	58s	44s
17:00-17:15	44s	58s	58s	44s
17:15-17:30	44s	58s	58s	44s
17:30-17:45	44s	58s	58s	44s
17:45-18:00	44s	58s	58s	44s
18:00-18:15	44s	58s	58s	44s
18:15-18:30	44s	58s	58s	44s
18:30-18:45	44s	58s	58s	44s
18:45-19:00	44s	58s	58s	44s

6.2 Resultados de la simulación

Con ayuda de la Tabla 7 y Tabla 8 se pudo efectuar la configuración de las señales semafóricas las cuales muestra la estructura de un grupo de señales en una intersección, esta configuración cuenta con el ciclo de 103 segundos.

Figura 20.

Configuración del módulo de señales

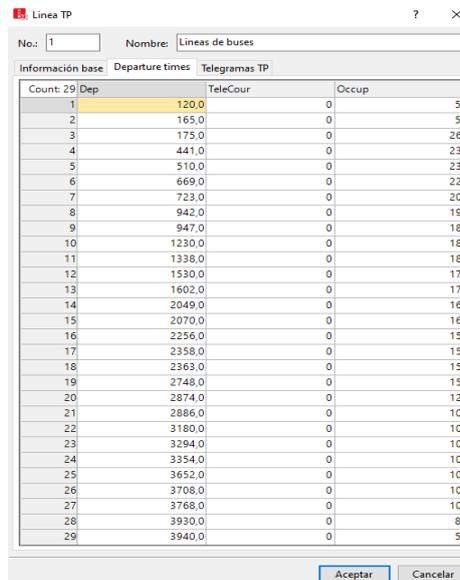


Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

El transporte público presentó un total de 29 buses que transitan en el sector de tres líneas de buses distintas pero que las mismas realizaron su arribo a las paradas de bus con un desfase de tiempo corto.

Figura 21.

Configuración de los tiempos de llegadas del transporte público



The screenshot shows a software window titled 'Linea TP' with a table of bus arrival data. The table has four columns: 'Count', 'Dep', 'TeleCour', and 'Occup'. The 'Count' column ranges from 1 to 29. The 'Dep' column shows arrival times in minutes, starting at 120.0 and increasing to 3940.0. The 'TeleCour' column is mostly 0, with some non-zero values for counts 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, and 29. The 'Occup' column shows occupancy values ranging from 5 to 26. At the bottom of the window are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.

Count	Dep	TeleCour	Occup
1	120,0	0	5
2	165,0	0	5
3	175,0	0	26
4	441,0	0	23
5	510,0	0	23
6	669,0	0	22
7	723,0	0	20
8	942,0	0	19
9	947,0	0	18
10	1230,0	0	18
11	1338,0	0	18
12	1530,0	0	17
13	1602,0	0	17
14	2049,0	0	16
15	2070,0	0	16
16	2256,0	0	15
17	2358,0	0	15
18	2363,0	0	15
19	2748,0	0	15
20	2874,0	0	12
21	2886,0	0	10
22	3180,0	0	10
23	3294,0	0	10
24	3354,0	0	10
25	3652,0	0	10
26	3708,0	0	10
27	3768,0	0	10
28	3930,0	0	8
29	3940,0	0	5

Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

La simulación obtenida se representa en la Figura 22, en la cual se pudo observar que se ha podido introducir la parada de bus, diferentes tipos de vehículos, peatones, semáforos y sus tiempos, y señales de tránsito; con esta simulación se tiene una representación aproximada de lo que se observó en los videos de grabación.

Figura 22.

Simulación en 3D del transporte público



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

6.3 SemafORIZACIÓN Inteligente

En el simulador PTV Vissim existe la configuración de red de semáforos, permite controlar distintos semáforos a lo largo de un tramo, este tipo de configuración se asemeja en gran medida al implementado por diferentes ciudades en diferentes partes del mundo.

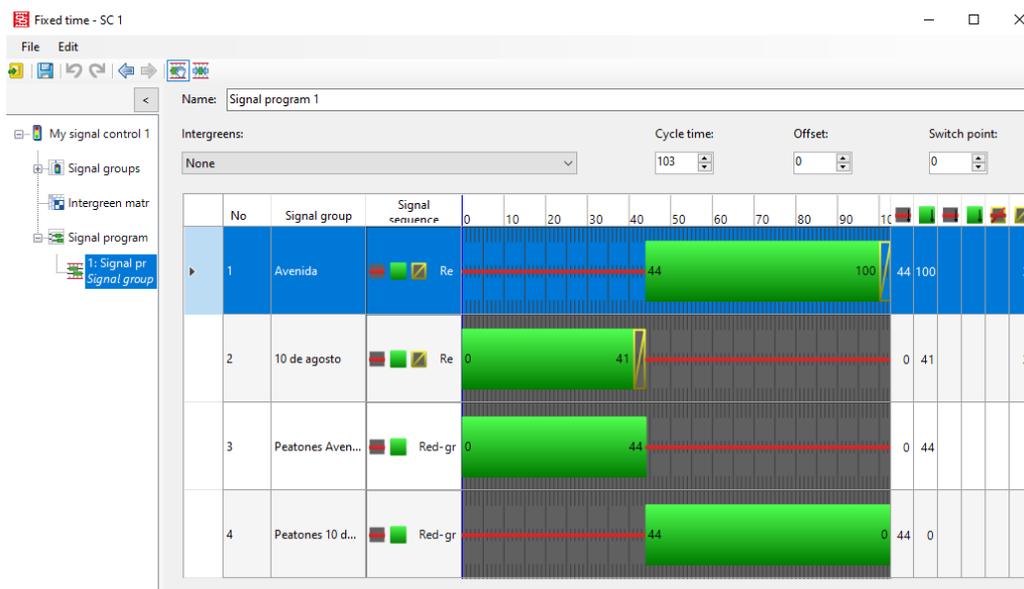
Los beneficios que trae la implementación de este tipo de sistemas tecnológicos son muy amplios y dentro de la ciudad de Loja cuenta con una red de semafORIZACIÓN inteligente que es controlada por un personal capacitado, la configuración se encuentra establecida por horarios, por ejemplo, cuenta con un mismo ciclo semafórico en horario de las 7 de la mañana a las 9 de la noche, el cual es de 103 segundos, esto permite que se controle de una manera ordenada el flujo vehicular.

Lo que se propone es tratar de disminuir los segundos del ciclo, con la finalidad de configurar un modelo de sistema inteligente con diferentes puntos semafóricos con ayuda del software Vissim, y generar una simulación en donde se observen los cambios ocurridos.

Para la modificación de los tiempos de cada semáforo tanto vehicular como peatonal se modifica la configuración del ciclo como en la figura siguiente donde muestra el estado real de la configuración.

Figura 23.

Configuración del ciclo semafórico

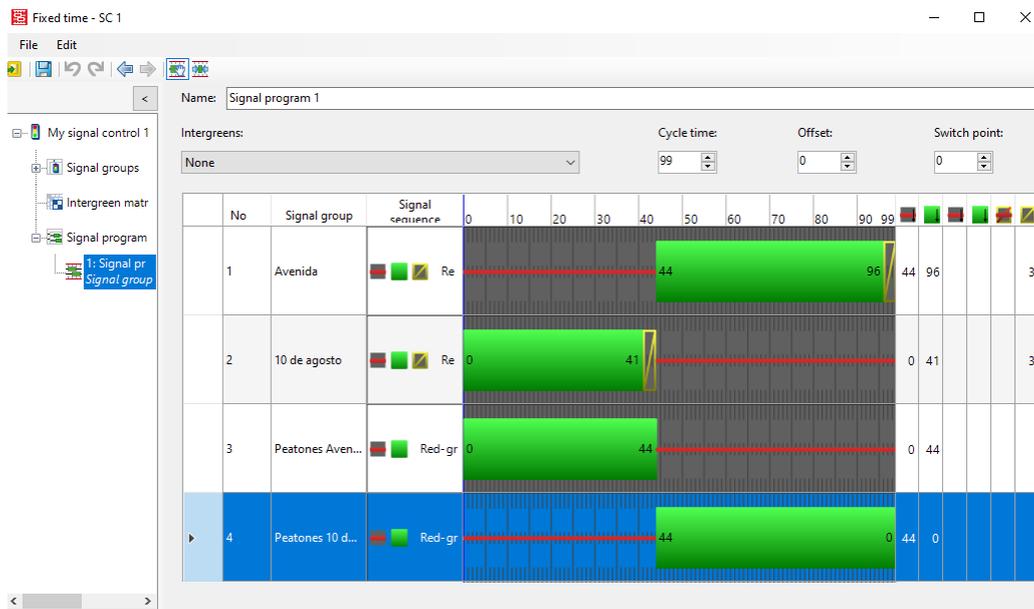


Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

Se cambió la configuración del ciclo de 103 a 99 segundos lo que produjo un cambio en todo el sistema de semáforos establecidos en la simulación. Realizado el cambio, el ciclo decrece, no obstante, se observa como el tiempo de la fase verde del semáforo se reduce y la fase roja se mantiene. Al simular con la nueva configuración que se muestra en la Figura 24, se obtiene una simulación parecida a la del anterior ciclo, esto debido a que solo se modifica el ciclo y no el flujo vehicular, el cual va a seguir siendo el mismo.

Figura 24.

Nueva configuración del ciclo de semaforización



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

6.4 Movilidad Sostenible

Durante los últimos años la evolución de la movilidad sostenible se ha visto afectada por el crecimiento del parque automotor en diferentes ciudades del país. Loja no ha sido la excepción, se puede apreciar una gran cantidad de vehículos que circulan hoy en día por las calles de la ciudad, es por esto por lo que actualmente existen planteadas ideas de movilidad sostenible en la ciudad que han ayudado a el sistema de tránsito en ciertas zonas.

6.4.1 Participación ciudadana.

La educación de las personas es primordial al momento de hablar sobre movilidad sostenible, gran cantidad de personas a diario cometen imprudentes faltas a la norma de tránsito, pasan por alto el semáforo en rojo, aceleran en lugar de disminuir la velocidad cuando

observan la luz ámbar, no respetan a los peatones cuando se encuentran al volante, y demás acciones que repercuten en los conflictos de tránsito.

En los videos que se recogió para el desarrollo del proyecto se puede observar cómo los conductores se pasan la luz roja del semáforo, estos actos no se pueden plasmar en la simulación ya que el programa impide que los vehículos circulen una vez activado el semáforo rojo, por lo que no se obtiene una simulación exacta a la del video. Para poner en práctica el bienestar común tanto como conductores y peatones los miembros de las escuelas de conducción pueden implementar nuevas enseñanzas ante la educación vial en donde el uso de softwares de simulación como PTV Vissim podrían resultar interesantes como metodología de enseñanza aprendizaje.

6.4.2 Fomento de la bicicleta.

La bicicleta como un sistema público de alquiler o gratuitas es una buena implementación para el GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de Loja. Actualmente se implementa la “Ordenanza que regula el uso de la bicicleta y afines como los medios de transporte sostenible en el cantón Loja” (GAD Loja, 2021).

Esta ordenanza tiene como misión planificar e incentivar la movilización de los peatones de la ciudad en medios de transporte que no contaminen el medio ambiente como bicicletas y monopatines eléctricos, estos últimos se encuentran establecidos en diferentes puntos del centro de la ciudad, cuentan con GPS incluido y con un sistema que detecta si existe algún hurto del medio de transporte o si sale del radar del GPS.

Para el uso de las bicicletas se podría utilizar el mismo método de los monopatines eléctricos, utilizar una aplicación para el pago de cada bicicleta. Lo que se quiere resaltar de este proyecto es que se desarrolle una cultura de la bicicleta y que se creen más carriles destinados a los usuarios de estos medios de transporte.

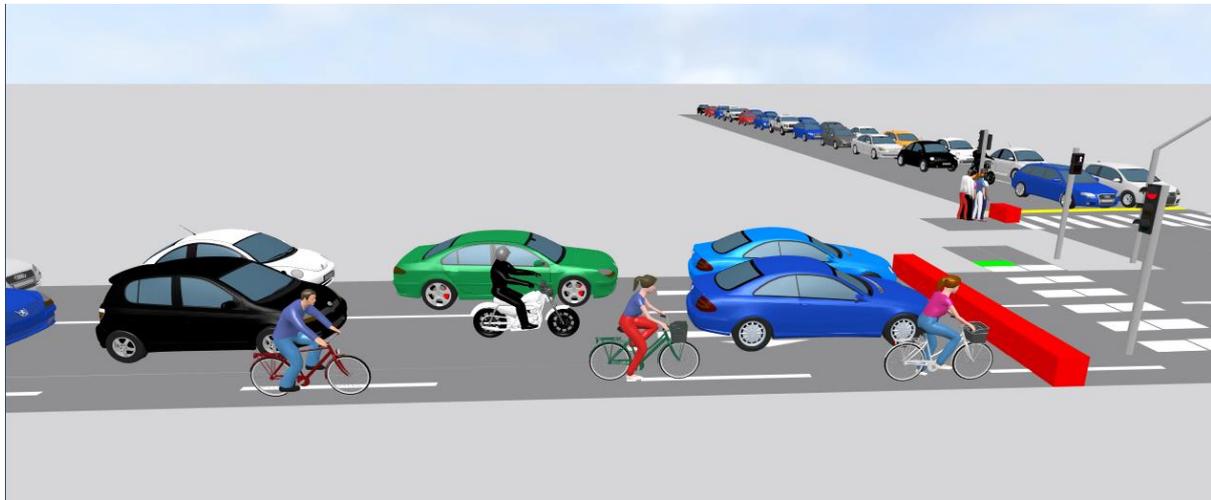
En PTV se puede adaptar a la simulación un carril direccionado para los usuarios de bicicletas. En el cual se ingresan datos como si se desea de uno o dos carriles, o unidireccional o bidireccional. Para ejemplificar se desarrolló una simulación en donde se presentan un tramo de vía para vehículos y otro para bicicletas.

La Figura 25 presenta la implementación de un carril para bicicletas en la calle 10 de agosto, el resultado muestra una reducción del tráfico vehicular en esta calle. Si se aplicara esta opción de movilidad sostenible se deberá incentivar a las personas de la localidad al uso de este

medio de transporte como es la bicicleta, de esta manera, poco a poco se va reduciendo las problemáticas de las zonas en conflicto por tráfico.

Figura 25.

Adaptación de un carril de ciclovía en PTV Vissim.



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

6.4.3 Mantenimiento de señales verticales y horizontales.

Las señales de tránsito son un elemento muy importante para los conductores y peatones, mediante cada una de las señales se establece un orden y una disciplina que todas las personas están obligadas a seguir. Los pasos cebras son imprescindibles para crear un bienestar para todos, si no se encuentran trazados en el piso los conductores se aprovecharán de esto y se colocarán sobre el lugar que le corresponde a la señal y no brindarán el paso a cada peatón.

Las señales verticales de la misma manera son necesarias, la implementación de una señal de la velocidad máxima permitida en la avenida Manuel Agustín Aguirre ayudará al control de la circulación vehicular, a una reducción notable de la contaminación acústica, así como la del aire. Si se logra controlar todo esto, se prevé que exista una comodidad al circular por la calle.

Cabe recalcar que en sitios del casco céntricos de la ciudad de Loja no existe semaforización por ende debería existir los miembros del personal de tránsito ubicados en estas zonas para precautelar el tránsito y la seguridad vial.

6.4.4 Tranvías Urbanos

Este medio de transporte es uno de los más eficientes para evitar el tráfico vehicular, además, resulta ser muy eficiente en cuanto a los bajos consumos de energía y a la reducción de las emisiones contaminantes.

En el país se destaca a Cuenca por implementar este tipo de opciones de movilidad urbana, esta ciudad ha podido controlar en una parte el tráfico vehicular, pero todavía tiene problemas que afectan a esta ciudad. El tranvía es una gran oportunidad para efectuar un nivel de confort y de una buena calidad de vida para los transeúntes de la ciudad de Loja, promueve la caminata, la salud, y mantiene centros históricos.

Ayudan a conectar a empleados, visitantes, y peatones con tiendas, centros urbanos, iglesias, y barrios. Fomentan un gran ingreso económico para los barrios y vecindarios pequeños ya que los tranvías conectan zonas pequeñas y pueden desempeñar un gran cambio para la ciudad.

Las desventajas de estos tipos de proyectos afectan al tránsito durante su construcción, como ejemplo se encuentra el desarrollo del proyecto en Cuenca, el cual, si bien logró ayudar a incentivar proyectos de movilidad sostenible, por su ayuda al medio ambiente, también provocó contaminación atmosférica por las partículas de polvo que se producía, imposibilitó por un tiempo la movilización de los ciudadanos por diferentes sectores de la ciudad. Cabe mencionar que también existieron diferencias políticas y falta de apoyo de la asamblea nacional como lo menciona (Rodríguez, Ortega, & Parra, 2021)

El tranvía es un medio de transporte destacable para el uso dentro de la ciudad de Loja, pero se debe considerar, que este tipo de proyecto causa malestar durante la construcción y lleva mucho tiempo para su desarrollo, además que se necesita de un análisis profundo para saber si la ciudad es apta para implementar este tipo de transporte.

Mediante PTV Vissim se puede analizar una puesta en marcha de un proyecto de movilidad sostenible como el tranvía. La Figura 26 muestra una simulación ejemplificando la implementación de este medio de transporte, cuenta con un carril construido para la movilización del tranvía, y a su vez una parada establecida para la llegada de pasajeros.

La simulación presenta un mejor flujo vehicular con el uso de este tipo de medio de transporte, cabe destacar que se efectuó con los mismos datos y variables analizadas en la simulación obtenida inicialmente de la zona de estudio.

Figura 26.

Simulación de un carril para tranvía en el simulador Vissim



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

6.5 Redistribución de la Línea de Transporte Público

En la zona de estudio existe el paso de tres líneas de buses (Sauces norte-Argelia, Ciudad Victoria-Carigan, Bolonia- Tierras Coloradas), se planteó el eliminar una de estas líneas, en la simulación realizada eliminamos los buses que han transitado en esta zona que correspondan a la línea que se desea eliminar, en un principio la simulación cuenta con 29 buses que han recorrido la zona y han llegado a su parada.

Para la modificar la línea, se eliminó 9 buses correspondientes a la línea de bus Carigan-Ciudad Victoria.

Figura 27.

Modificación de línea de bus

Linea TP				
No.: 1		Nombre: Líneas de buses		
Información base		Departure times		Telegramas TP
Count:	Dep	TeleCour	Occup	
1	120,0	0	5	
2	175,0	0	26	
3	441,0	0	23	
4	510,0	0	23	
5	723,0	0	20	
6	942,0	0	19	
7	1230,0	0	18	
8	1338,0	0	18	
9	1602,0	0	17	
10	2049,0	0	16	
11	2256,0	0	15	
12	2358,0	0	15	
13	2748,0	0	15	
14	2874,0	0	12	
15	3180,0	0	10	
16	3294,0	0	10	
17	3652,0	0	10	
18	3708,0	0	10	
19	3930,0	0	8	
20	3940,0	0	5	

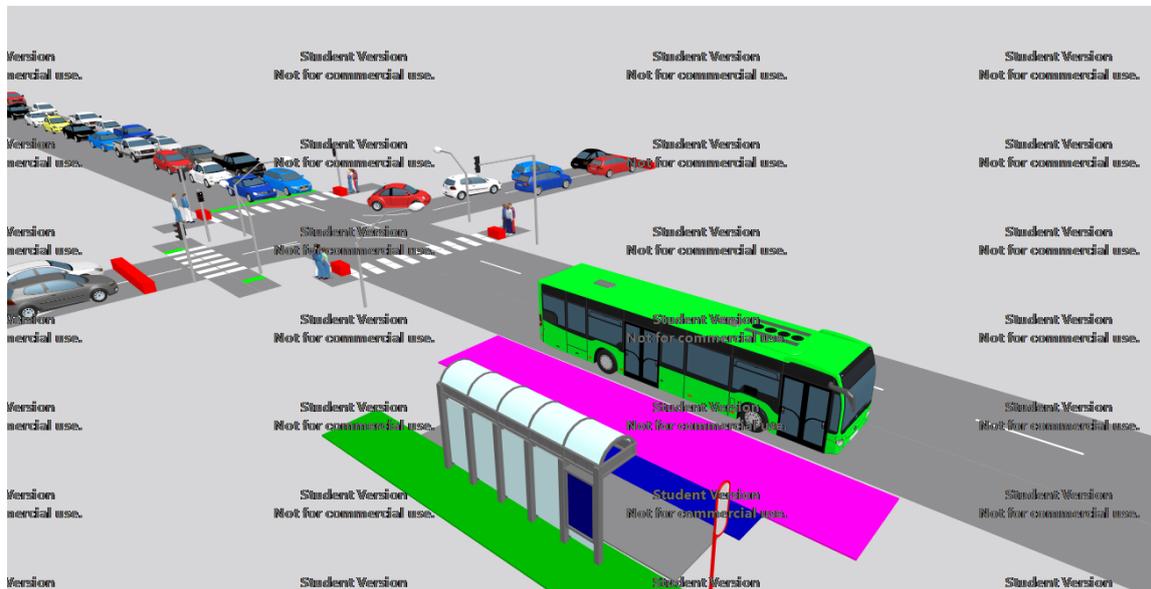
Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

La Figura 28 representa la simulación realizada a partir de la eliminación de la línea de transporte público. El flujo vehicular es el mismo por esta razón todavía se mantiene el tráfico

vehicular en la intersección. El flujo peatonal disminuye un poco esto debido a que ya no existe la línea de bus y los peatones que descendían en este lugar ya no utilizan esta parada.

Figura 28.

Simulación con la nueva distribución de la línea de buses



Nota: Tomada del software PTV Vissim, por Autor, 2022.

7. Discusión

La zona de estudio es una de las más transitadas por los peatones de la ciudad de Loja, esto se produce por lo que se encuentra ubicada en el centro de la ciudad y conecta diferentes puntos turísticos y comerciales, también debido a que la línea de transporte público utiliza el tramo de la Avenida Manuel Agustín Aguirre y sus paradas están a lo largo de esta avenida y de otras avenidas anexas a esta. En la intersección con la calle 10 de agosto existe una parada de buses la cual genera un incremento de flujo peatonal en horas pico.

(Quintero, 2017) menciona que el transporte se encuentra inmerso en todo el movimiento comercial terrestre, por lo que cualquier proyecto de transporte deberá tomar en cuenta las zonas con más afluencia comercial. En Loja, a lo largo de la Av. Manuel A. Aguirre existen muchas calles que conectan con zonas comerciales algunas de estas solo están diseñadas con un carril, en estas zonas específicamente se genera el tráfico por un mal diseño de vías, ya que la avenida cuenta con 3 carriles existe mucho más paso que en una calle secundaria de un carril o 2. Esta es una de las razones por las cuales no es posible pensar en proyectos de expansiones de vías en el centro de la ciudad, y los proyectos de movilidad sostenible y sistemas inteligentes sean los que deben destacar para dar soluciones al tráfico en ciudades como Loja.

8. Conclusiones

- ❖ Se logró realizar la simulación de la zona de estudio de la ciudad con ayuda del software PTV Vissim donde se reflejan los diseños en 3D de las variables y otros factores analizados en el proyecto.
- ❖ Se consiguió obtener los datos requeridos como el flujo vehicular y peatonal mediante técnicas de observación y exploración, obteniendo las variables indicadas para el análisis a partir de la simulación y proponer posibles soluciones que aporten a solucionar el problema.
- ❖ Con la aplicación del software PTV Vissim, se logró demostrar las diferentes soluciones tecnológicas y de sostenibilidad que ofrecen las diferentes aplicaciones de movilidad sostenible, haciendo énfasis en que lo más importante y medida inmediata para la ciudad de Loja es, concientizar a los ciudadanos en materia de educación vial y uso de nuevos medios de transporte que ayuden a mejorar la forma en cómo se movilizan.
- ❖ Este estudio y simulación del tráfico representa un paso importante para el desarrollo de nuevas aplicaciones e investigaciones futuras para la gestión inteligente del tráfico vehicular, permitiendo el despliegue de soluciones sostenibles e innovadoras en el transporte.

9. Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo y ejecutar el tutorial PTV Vissim de este proyecto, para conocer las herramientas que nos ofrece el software y continuar con el estudio y desarrollo de proyectos relacionados con el análisis del tráfico y de movilidad sostenible.

En el marco de la movilidad sostenible y para futuros proyectos que se enfoquen a reducir el tráfico vehicular y las infracciones de tránsito, se recomienda un sistema de monitoreo de vehículos y peatones basado en simulaciones que pueda llevarse a cabo en softwares como PTV Vissim.

Se recomienda el uso del software PTV Vissim para el análisis de redes del transporte público, dado que, se ha demostrado en este proyecto de titulación, que al modificar algunas líneas de distribución de los buses urbanos se pueden cambiar las variables relacionadas con el tráfico vehicular y peatonal.

10. Bibliografía

- Belloti, M. (2019). Vissim 8, Uso y aplicación en una intersección urbana .
- Cal, R., Reyes, M., & Cárdenas, J. (2019). *Ingeniería de tránsito* . Mexico: Journal of Chemical Information and Modeling.
- Duquino Melo, W. A. (2016). Diseño geométrico de la conexión vial para el sistema integrado de transporte. *Universidad Militar Nueva Granada* , 18-101.
- GAD Loja, L. (20 de Abril de 2021). *www.loja.gob.ec*. Obtenido de *www.loja.gob.ec*: https://www.loja.gob.ec/files/documentos/2021-06/ordenanza_031-2021_bicicletas.pdf
- INEN. (2012). Señalización vial, semaforización . *Instituto Ecuatoriano de Normalización* , 118.
- NTE INEN, 2. (Septiembre de 2016). *INEN*. Obtenido de INEN: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
- Ogoño, J., & Orozco, L. (2020). Análisis del tránsito vehicular en las intersecciones ciales en el centro histórico de la ciudad de Loja, determinando el nivel de servicio. *Universidad Politécnica Salesiana* , 100-101.
- Pinos Mata, V. (2016). Diseño de intersecciones en vías urbanas. *Universidad del Azuay* .
- Piña, J. C., & Zúñiga, G. (2017). Análisis comparativo del sistema tradicional de semaforización vs una propuesta de semaforización inteligente, para la reducción del congestionamiento vehicular, en la ciudad de Guayaquil. *Universidad de Guayaquil*.
- Quintero, J. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *AMBIENTE Y DESARROLLO*.
- Rodriguez, J., Ortega, J., & Parra, S. (2021). Infraestructuras sustentables: Caso tranvía Cuenca. *Dominio de las ciencias*, 1330- 1331.
- Rolón, R. (2006). Diseño geometrico de vías urbanas. *Universidad tecnológica Nacional*, 77-90.
- Romero Guzmán, W. A. (2013). Elaboración e implementación de una maqueta prototipo de semáforo inteligente para las intersercciones de dos avenidas . *Escuela Politecnica Nacional* , 19-203.

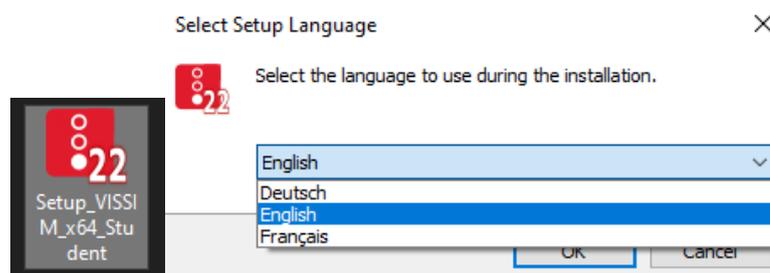
Ruiz, Á., Sánchez, K., & Arteaga, L. (2019). MODELOS DE ORDENACIÓN DEL TRÁFICO DE LA CIUDAD DE LOJA. *Universidad Técnica Particular de Loja* .

Tenemaza Ramos, A. L. (2021). Simulación de tráfico vehicular en un tramo AV. manuelita sáenz comprendido entre las calles pio de baroja y antonio clavijo. *Universidad Técnica de ambato* .

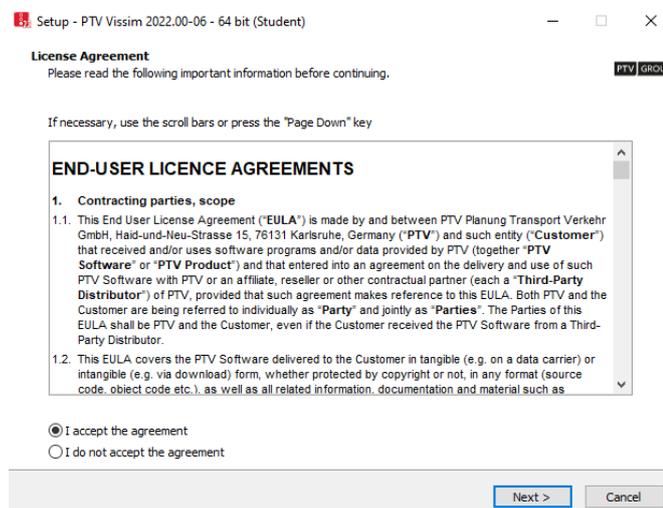
11. Anexos

Anexos 1. Tutorial para la instalación del software PTV Vissim

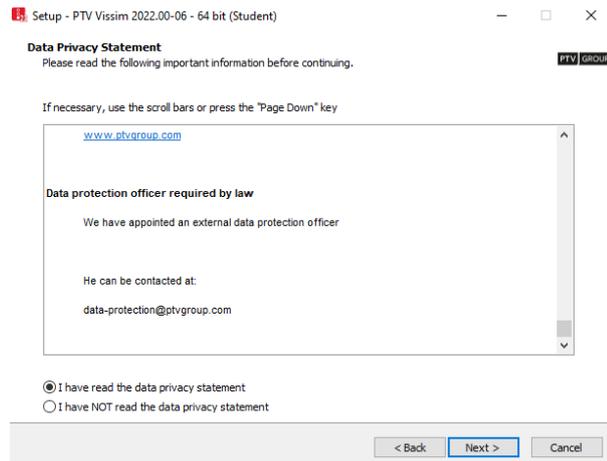
1. Ingresar al siguiente enlace que redirecciona a la página de PTV GROUP en donde se podrá descargar el programa sin costo y con licencia estudiantil.
https://your.visum.ptvgroup.com/vision-traffic-suite-students-en?_ga=2.260995149.1356293734.1654157724-2013965759.1654157717
2. Cuando el archivo se encuentre descargado por completo ingresamos a descargas y lo abrimos, automáticamente aparecerá un cuadro de diálogo que indicará el idioma para la instalación, y seleccionaremos “English”.



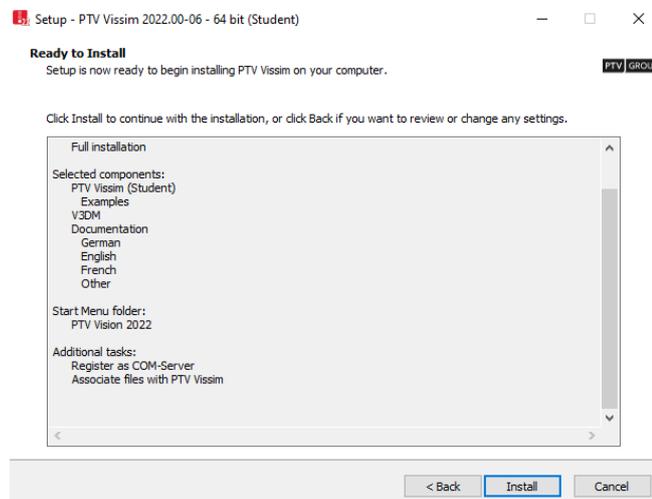
3. Un nuevo cuadro aparece y muestra lo que corresponde a los acuerdos y condiciones del programa por lo que procederemos a aceptar todos los acuerdos y seguiremos con la instalación.



4. Luego, se genera una nueva ventana, ahora se selecciona la primera opción y damos clic en “Next”.



5. Se generarán diferentes ventanas las cuales avanzaremos dando clic en siguiente hasta que nos aparezca el siguiente recuadro. Damos clic en “Install”.

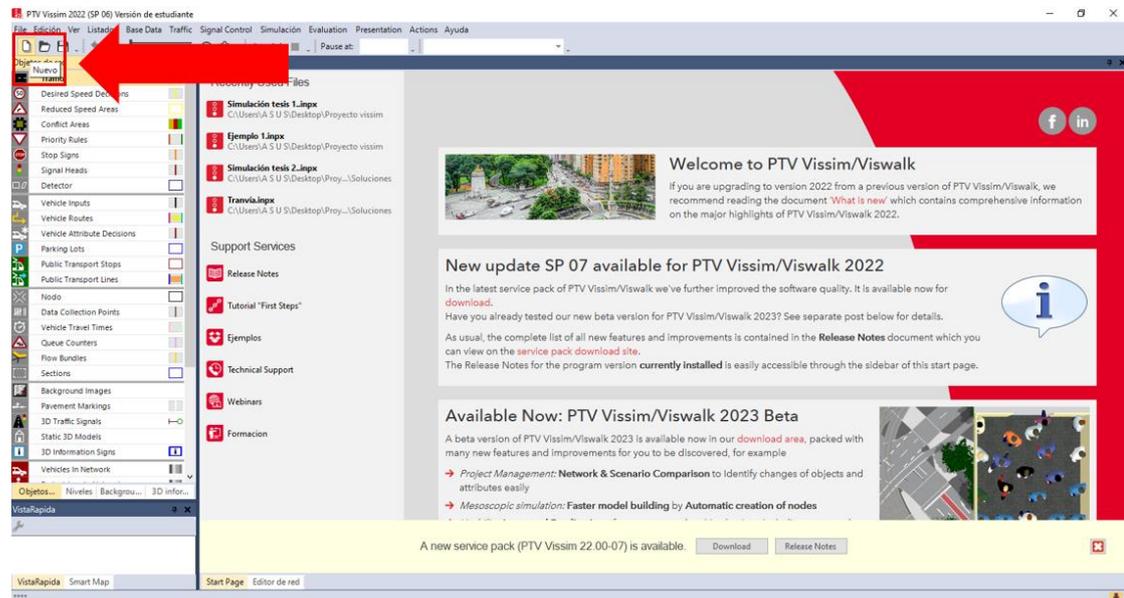


6. Esperamos unos minutos a que se vaya instalando el programa, y finalmente aparece un recuadro en el cual seleccionaremos “Finish”. De esta manera el programa quedará implementado en nuestras computadoras.



Anexos 2. Tutorial de creación de los tramos de vías.

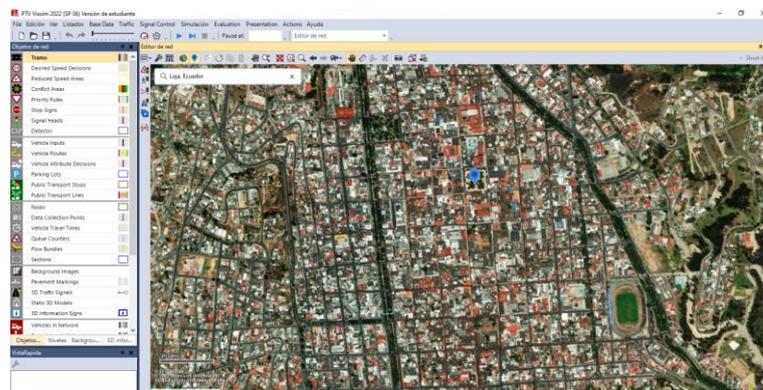
1. Ingresamos en el programa y seleccionaremos nuevo archivo.



2. Al crear un nuevo archivo aparecerá un mapamundi en el cual nos podremos guiar para la realización de los tramos. Para buscar una ciudad en específico buscamos en la sección de editor de red el siguiente icono, el cual genera un pequeño recuadro para colocar el lugar al que deseamos observar.



2. Identificamos el sector del lugar en donde se realizará el análisis. En el recuadro de objetos de red existen diferentes tipos de herramientas que ayudarán a la construcción de los tramos de las vías en 2D y en 3D.



3. Para empezar la elaboración de los tramos buscaremos el siguiente icono . Con el ratón de nuestra computadora daremos clic derecho y sin soltar arrastramos hasta cubrir

la distancia que se desea elaborar. Para finalizar soltamos el clic derecho del ratón y aparece una nueva ventana para configurar el trayecto.



4. En la nueva ventana que aparece configuramos el carril, podemos colocar el tipo de calle que necesitamos analizar, si es un carril para bicicletas, trenes, tranvía o para personas. El número de carriles también puede ir variando, a su vez se puede configurar el tamaño de los carriles o del carril en caso de ser uno solo. Al culminar esta parte damos aceptar y quedará dibujado nuestro primer tramo de vía.

Arco

No.: Nombre: Calle B

No. de carriles: 2 Link behavior type: 1: Urban (motorized)

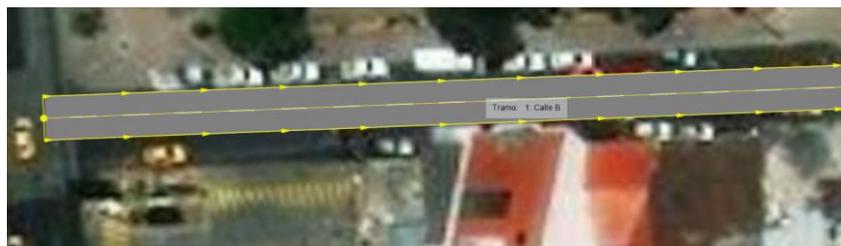
Long. tramo: 102,822 m Tipo present: 1: Road gray

Nivel: 1: base

Carriles	Meso	Área peatonal	Visualizar	Asignación dinámica	Otros				
Count: 2	Índice	Ancho	LinkBehavT...	BlockedVeh...	DisplayType	NoLnChLAll...	NoLnChRAI...	NoLnChLVe...	NoLnChRV...
1	1	2,50				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2	2,50				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

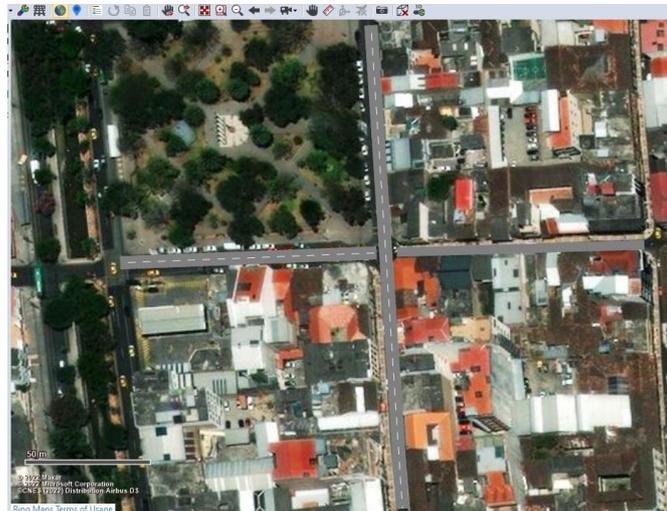
Has overtaking lane

Aceptar Cancelar

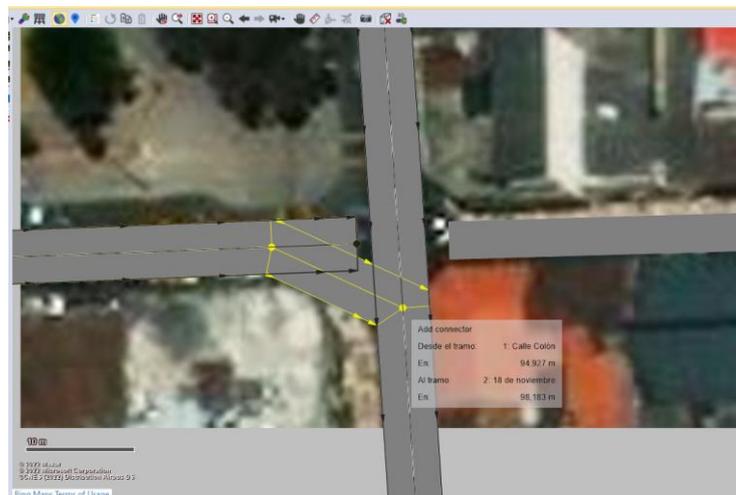


Anexos 3. Tutorial del diseño de intersecciones e introducción de flujo vehicular.

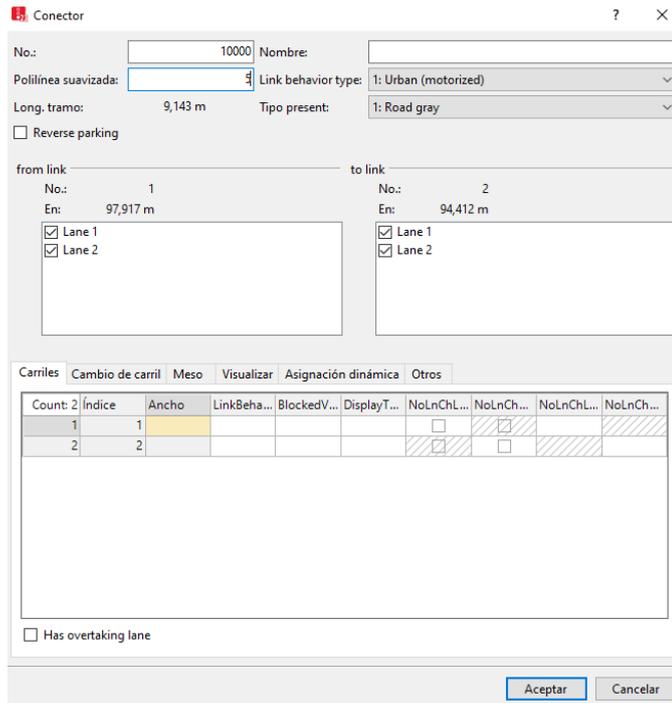
1. Creamos nuestros tramos de vías respectivamente en cada calle dependiendo del tipo de zona de estudio, en este caso tenemos tres tramos elaborados.



2. Para conectar los tramos de vías, primero damos clic derecho en el carril que queremos conectar y mantenemos hasta llevar el ratón sobre la otra vía en donde se conecta.



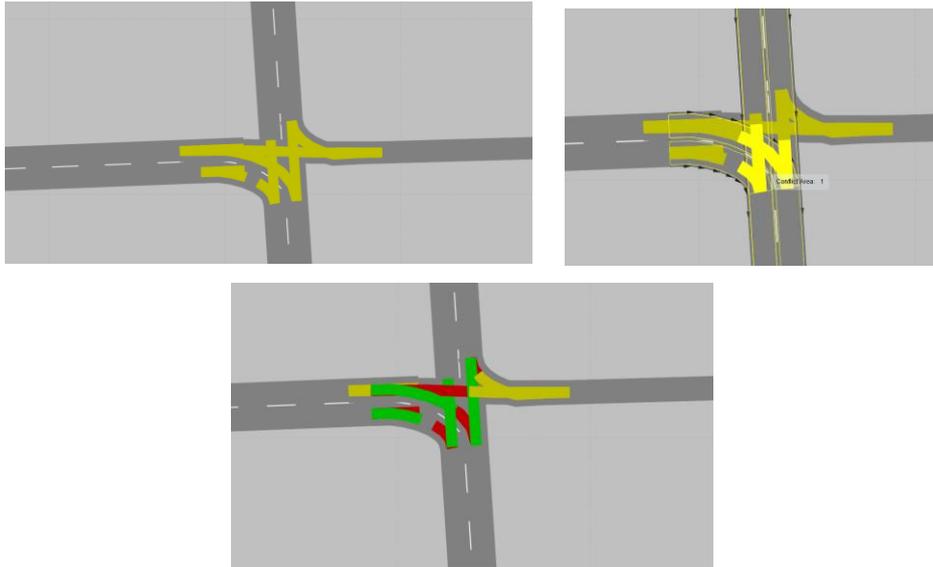
3. Al momento de soltar el clic en el ratón aparece una ventana de configuración del conector, en esta se puede dar un nombre, como a su vez conectar los carriles. Se puede agregar un valor en la opción de polilínea suavizada para generar la curva que realizarán los vehículos en la intersección. Al finalizar la configuración aceptamos y observaremos nuestros tramos de vías conectadas.



4. Realizamos el mismo procedimiento para conectar los otros tramos y observamos el resultado de nuestra intersección.



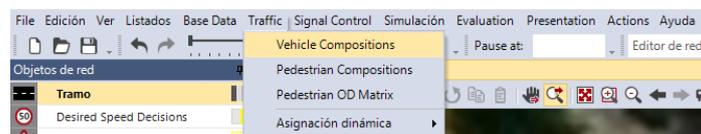
5. Para tener un mejor resultado de la configuración de estos carriles, seleccionamos la opción de CONFLICT AREAS la cual la buscaremos en los objetos de red. Con esta herramienta colocaremos el paso prioritario a los vehículos de las calles principales. Al activar esta opción, se crean las posibles áreas en conflicto dentro de la intersección. Para priorizar el paso de las calles principales, se selecciona con clic izquierdo las zonas, y con clic derecho creamos la prioridad de las zonas.



6. Para introducir la circulación vehicular, buscamos el siguiente icono en los objetos de red  (Vehicle inputs), ya seleccionada la opción, con el ratón damos clic derecho en las dos calles que deseamos el ingreso de vehículos, y se crea una línea negra sobre los tramos. Luego, aparece una ventana en la parte inferior en donde nos muestra las calles seleccionadas, en donde podremos ubicar el volumen de los vehículos.

Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval					
Count	No	Nom	Tramo	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MAX)
1	1		1: Calle B	845,0	1: Predeterminado
2	2		2: Calle A	756,0	1: Predeterminado

7. Configuramos una composición vehicular para cada calle con los datos de los tipos de vehículos. En la parte superior observamos la barra de herramientas, buscamos la opción de TRAFFIC y damos clic en VEHICLE COMPOSITIONS.



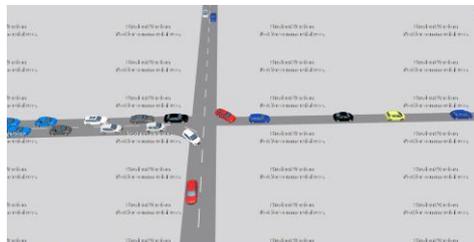
8. En la parte inferior aparece una ventana, la cual nos servirá para configurar los tipos de vehículos que necesitamos que transiten por estas vías y la velocidad que van a recorrer. Así como podemos poner los tipos de vehículos, también existe la opción de colocar un valor que represente el porcentaje de una parte del total de volumen vehicular. Esto se puede colocar debajo de la opción RELFLOW.

Count	No	Nom
1	1	Calle A
2	2	Calle B

Count	VehType	DesSpeedDist	RelFlow
1	100: Automóvil	30: 30 km/h	0,980
2	610: Bike Man	30: 30 km/h	0,020

9. Para finalizar con la composición, vamos a la opción de VEHICLE INPUTS, y colocamos en cada calle los valores establecidos para cada una. De esta manera observaremos la nueva simulación obtenida.

Count	No	Nom	Tramo	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MAX)
1	1		1: Calle B	845,0	2: Calle B
2	2		2: Calle A	756,0	1: Calle A



10. Con la herramienta VEHICLE ROUTES establecemos que un porcentaje del volumen vehicular va a tomar otra ruta, puede que sea en el mismo sentido o que a su vez cambie de dirección para el lado norte, sur, este y oeste. Hacemos clic izquierdo en el siguiente icono  y seleccionamos estático. Después, en los tramos damos clic derecho, esto crea una línea rosada en el inicio para luego con el cursor decidir qué dirección tomarán los automotores.



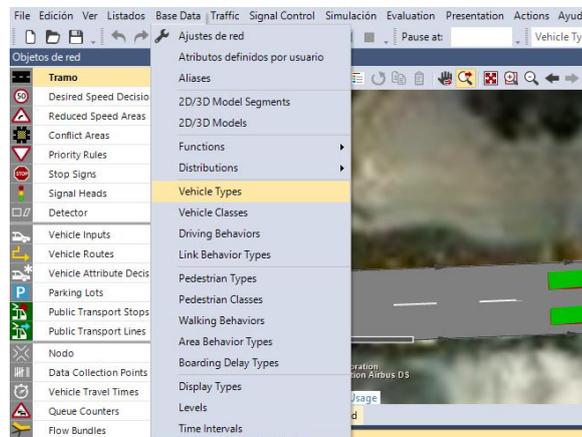
11. En la ventana de configuración que aparece en la parte inferior, se configura el flujo de vehículos que circularán en el mismo sentido de vía y los que darán un giro.

Count	No	Nom	Tramo	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth
1	1		1: Calle B	3,520	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
2	2		2: Calle A	3,390	<input checked="" type="checkbox"/>		Static

Count	No	Nom	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	1			3: B calle	96,518	0,600
2	2			2: Calle A	192,634	0,400

Anexos 4. Tutorial para la creación de nuevos vehículos en la composición vehicular.

1. En la barra de herramientas seleccionamos Base Data, hacemos clic en Vehicle Types.



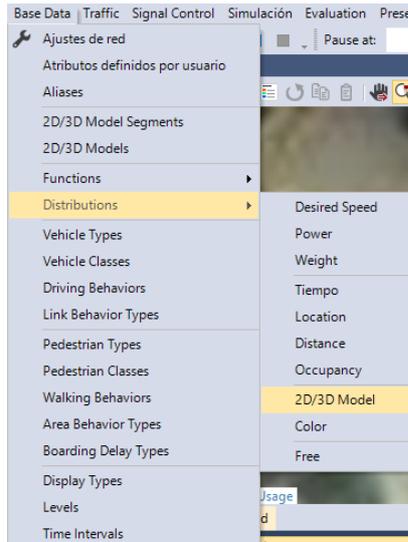
2. En la parte inferior se genera un cuadro en donde se presentan los tipos de vehículos que se pueden ingresar al flujo vehicular. Para crear un nuevo vehículo damos clic en la cruz verde, se puede colocar el nombre del automotor.

Count	No	Nom	Categoría	Model2D3DDistr	ColorDistr1	OccupDistr	Capacity
1	100	Automóvil	Car	10: Automóvil	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	0
2	200	HGV	HGV	20: HGV	1: Predeterminado		0
3	300	Bus	Bus	30: Bus	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	110
4	400	Tram	Tram	40: Tram	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	215
5	510	Man	Pedestrian	100: Man	101: Shirt Man		0
6	520	Woman	Pedestrian	200: Woman	201: Shirt Woman		0
7	610	Bike Man	Bike	61: Bike Man	101: Shirt Man		0
8	620	Bike Woman	Bike	62: Bike Woman	201: Shirt Woman		0
9	630	Camioneta	Car	10: Automóvil	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	9999

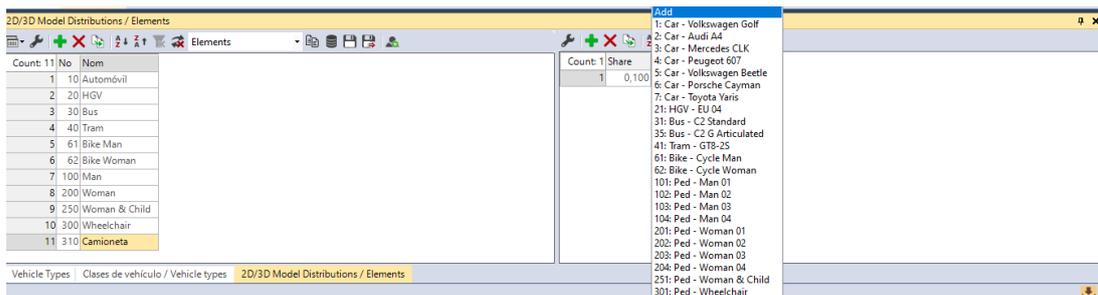
3. Buscamos VEHICLE CLASSES en la opción de Base Data en la barra de herramientas, damos clic izquierdo, se genera el cuadro de configuración en la parte inferior y en icono de la cruz verde creamos una nueva opción, le damos nombre y seleccionamos el tipo de vehículo que creamos anteriormente.

Count	No	Nom	WakTune	UreaWakTune	Color
1	10	Automóvil	<input type="checkbox"/>	200: HGV	(255, 0, 0)
2	20	HGV	<input type="checkbox"/>	300: Bus	(255, 0, 0)
3	30	Bus	<input type="checkbox"/>	400: Tram	(255, 0, 0)
4	40	Tram	<input type="checkbox"/>	510: Man	(255, 0, 0)
5	50	Pedestrian	<input type="checkbox"/>	520: Woman	(255, 0, 0)
6	60	Bike	<input type="checkbox"/>	610: Bike Man	(255, 0, 0)
6	60	Bike	<input type="checkbox"/>	620: Bike Woman	(255, 0, 0)
7	70	Camioneta	<input checked="" type="checkbox"/>	630: Camioneta	(255, 0, 0)

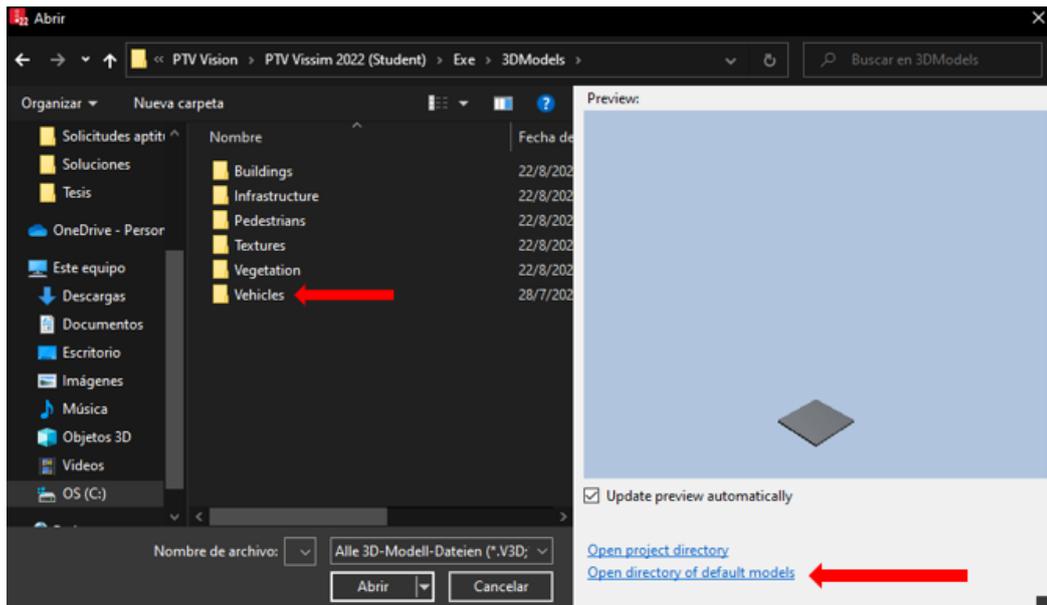
4. Para ingresar nuestro vehículo en 2D y 3D, ingresamos de nuevo a Base Data, luego, Distributions, y elegimos la opción de 2D/3D Model. De esta manera nos mostrará un recuadro en la parte inferior con todos los vehículos que se encuentran creados.



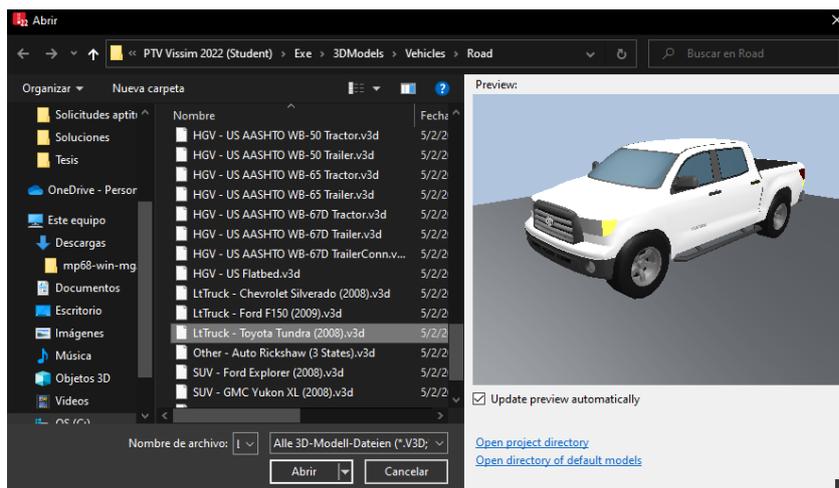
5. En el recuadro izquierdo inferior, creamos un nuevo tipo de vehículo, agregamos el nombre correspondiente, y en el recuadro derecho damos clic en los vehículos en donde aparecerá una lista, en la cual daremos clic sobre la opción ADD.



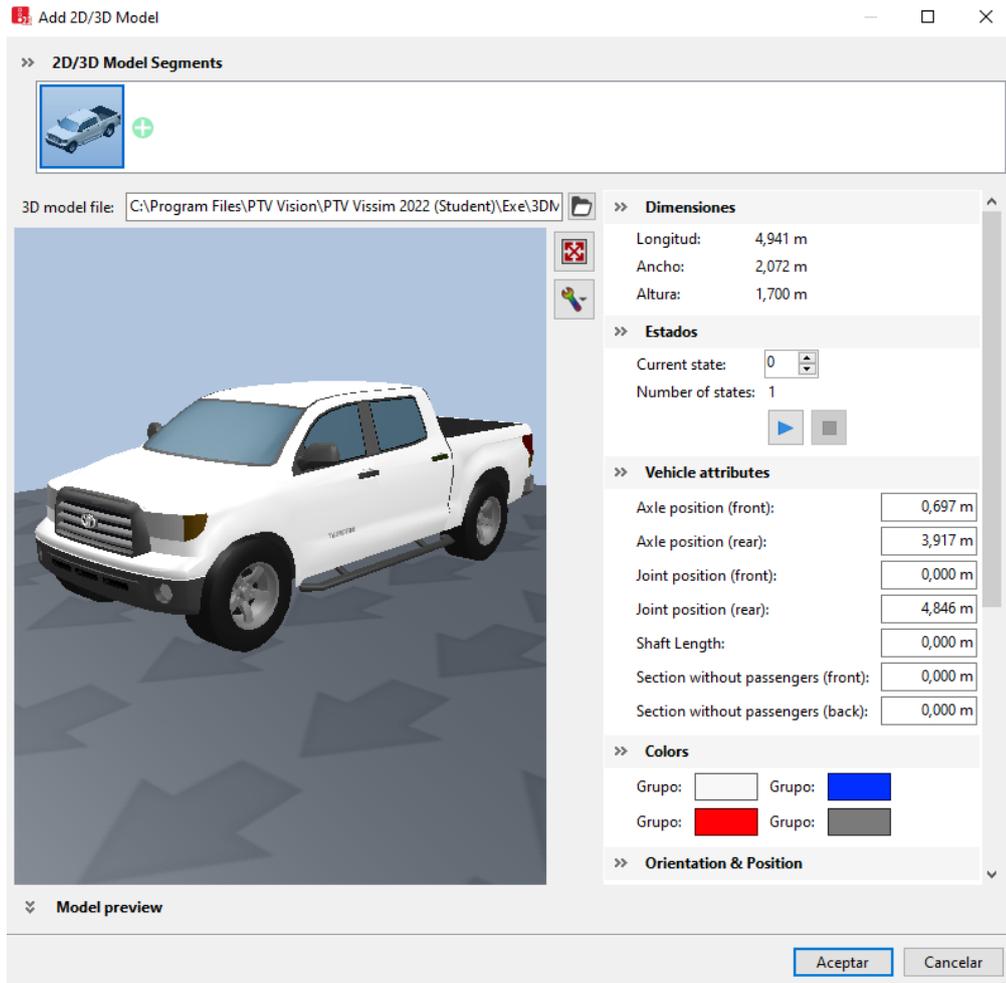
6. Al dar clic en ADD se crea una ventana emergente en donde tendremos que dirigirnos a el directorio de documentos en 3D. Luego, damos clic en la carpeta de Vehicles, y Road, con esto obtendremos una lista de medios de transporte en la cual se elijará el vehículo solicitado, en este caso una camioneta.



- Entre las opciones de camionetas, la biblioteca del programa nos presenta 3 tipos, de esos tres podemos escoger cualquiera y damos clic en abrir.



- Al dar clic en abrir, se muestra un cuadro de configuraciones para nuestro vehículo en 3D. La configuración puede variar dependiendo del color, del tamaño entre otras opciones. Aceptamos y tendremos agregado un nuevo vehículo.



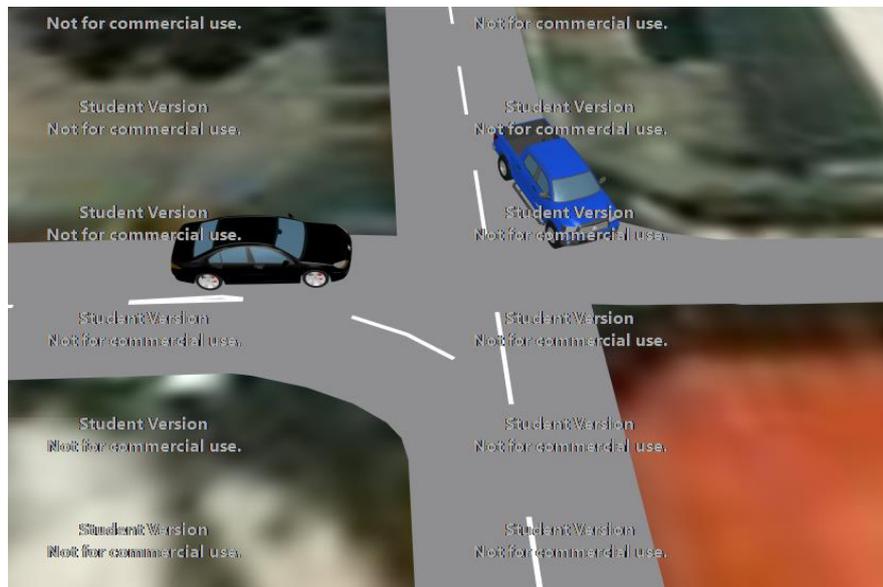
- Colocamos el nuevo modelo en la opción creada en Vehicle Types para que reconozca el modelo en 2D y 3D.

Vehicle Types							
Count	No	Nom	Categoría	Model2D3DDistr	ColorDistr1	OccupDistr	Capacity
1	100	Automóvil	Car	10: Automóvil	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	0
2	200	HGV	HGV	20: HGV	1: Predeterminado		0
3	300	Bus	Bus	30: Bus	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	110
4	400	Tram	Tram	40: Tram	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	215
5	510	Man	Pedestrian	100: Man	101: Shirt Man		0
6	520	Woman	Pedestrian	Add	201: Shirt Woman		0
7	610	Bike Man	Bike	10: Automóvil	101: Shirt Man		0
8	620	Bike Woman	Bike	20: HGV	201: Shirt Woman		0
9	630	Camioneta	Car	30: Bus	1: Predeterminado	1: Single Occupancy	9999
				40: Tram			
				61: Bike Man			
				62: Bike Woman			
				100: Man			
				200: Woman			
				250: Woman & Child			
				300: Wheelchair			
				310: Camioneta			

- Agregamos nuestro vehículo ya configurado a la composición vehicular para cada calle correspondiente y colocamos el porcentaje para cada tipo de vehículo en el caso de ser necesario.

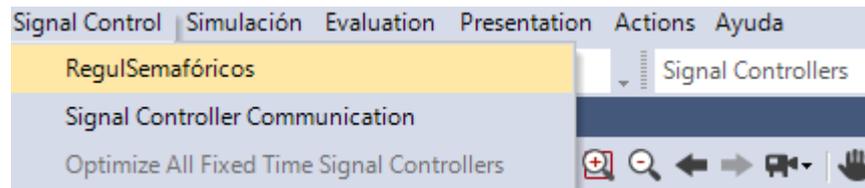
Vehicle Compositions / Relative flows						
Count	No	Nom	Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1	Calle A	1	100: Automóvil	30: 30 km/h	0,500
2	2	Calle B	2	630: Camioneta	30: 30 km/h	0,500

9. Observamos la simulación obtenida con nuestro vehículo agregado.

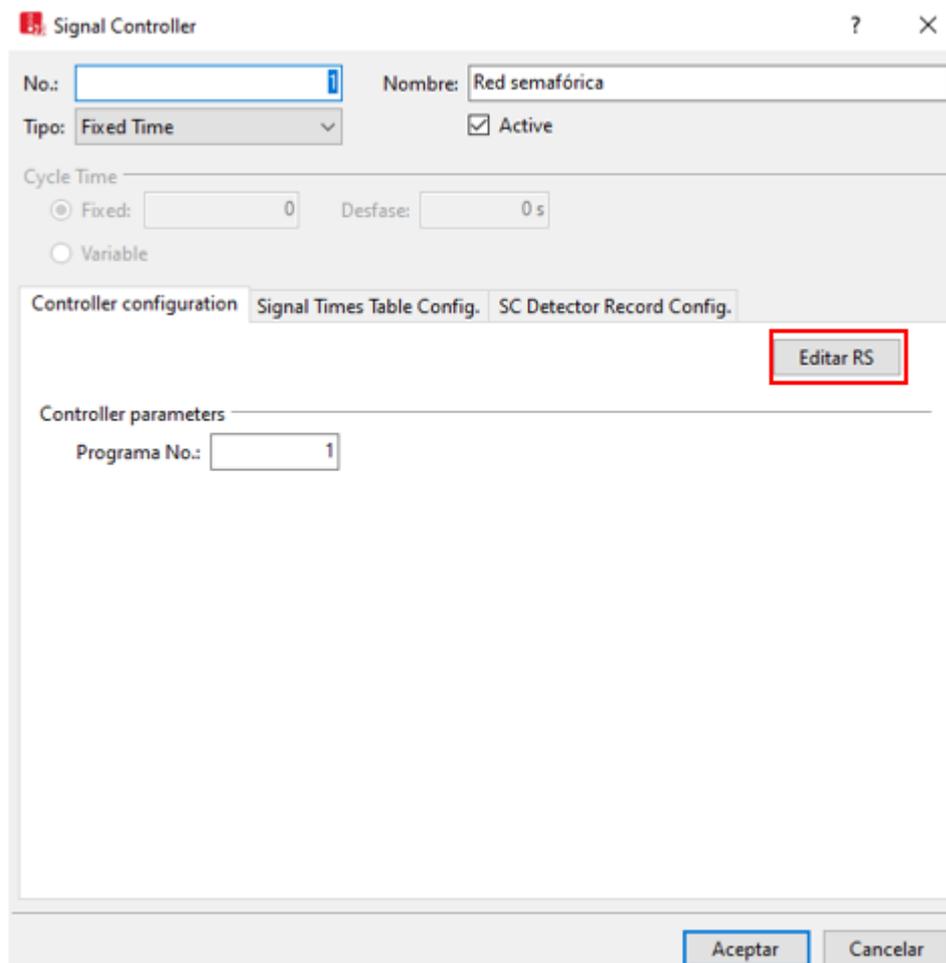


Anexos 5. Tutorial de Semaforización en Vissim

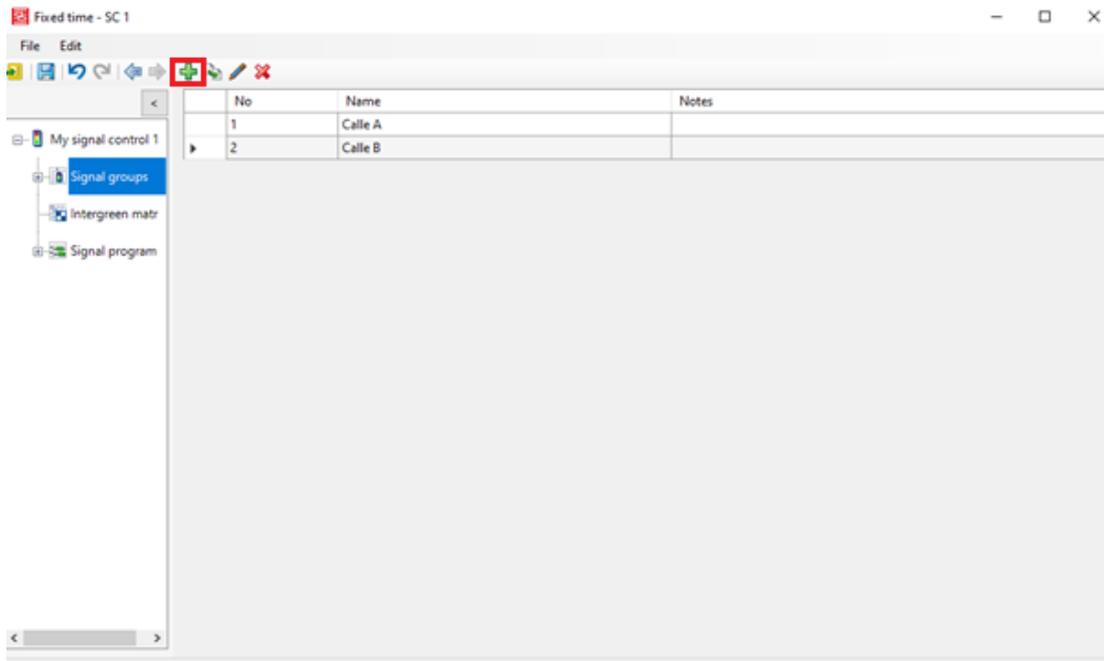
1. Para crear el conjunto de semáforos de la intersección nos dirigimos con el cursor sobre la barra de herramientas de la parte superior, buscamos Signal Control, damos clic, en la lista que se genera, y seleccionamos regulación de semáforos como se muestra en la siguiente imagen.



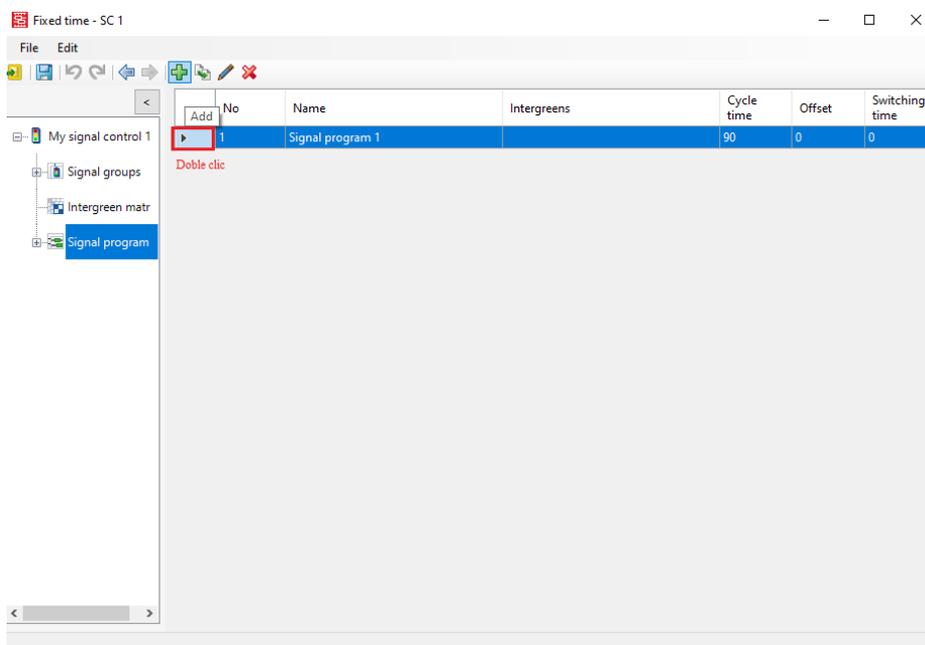
2. En la parte inferior se genera la ventana de configuración, en donde crearemos un nuevo controlador dando clic en la cruz verde. Al realizar esta acción se genera un cuadro para realizar toda la configuración de la red semafórica e identificamos la opción Editar RS.



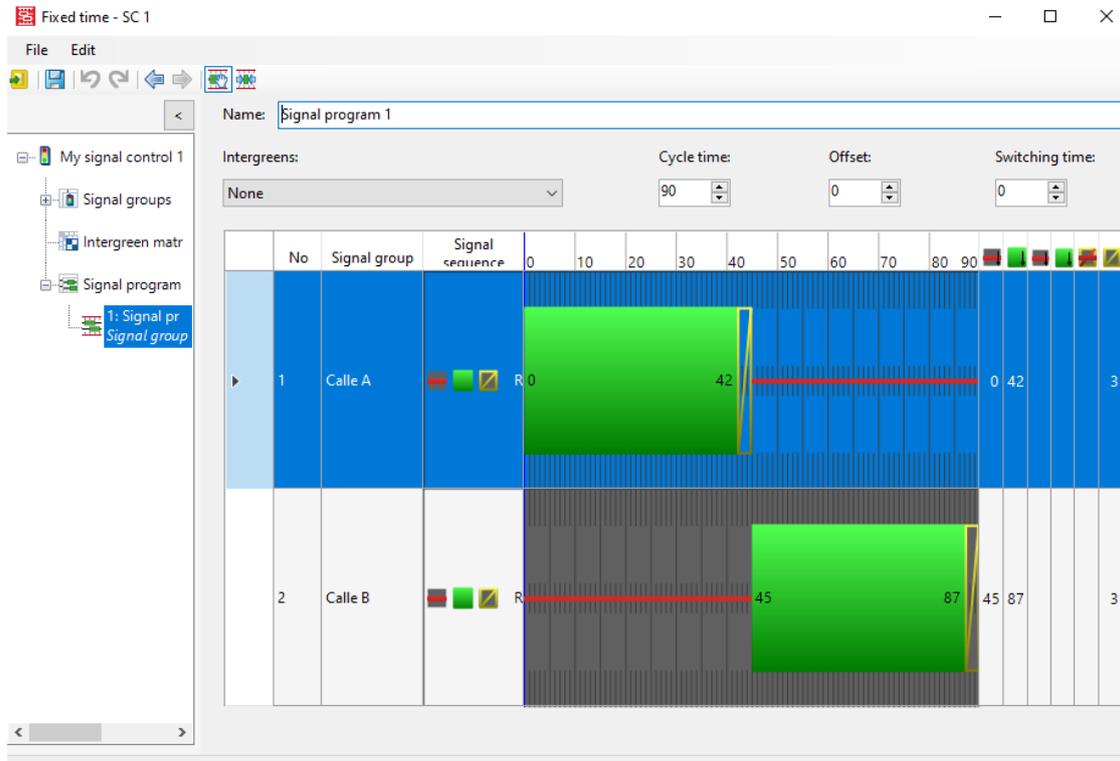
3. Se activa una nueva ventana la cual nos permite editar el controlador y crear el grupo de señales con ayuda del icono SIGNAL GROUPS, se puede crear diferentes tipos de señales, puede ser para una sola vía, para las dos calles y para los peatones.



4. En la misma ventana se ingresa a el icono Signal Program para crear el módulo de configuración para las señales. La configuración se realiza dando doble clic en la flecha de la parte izquierda del módulo creado.



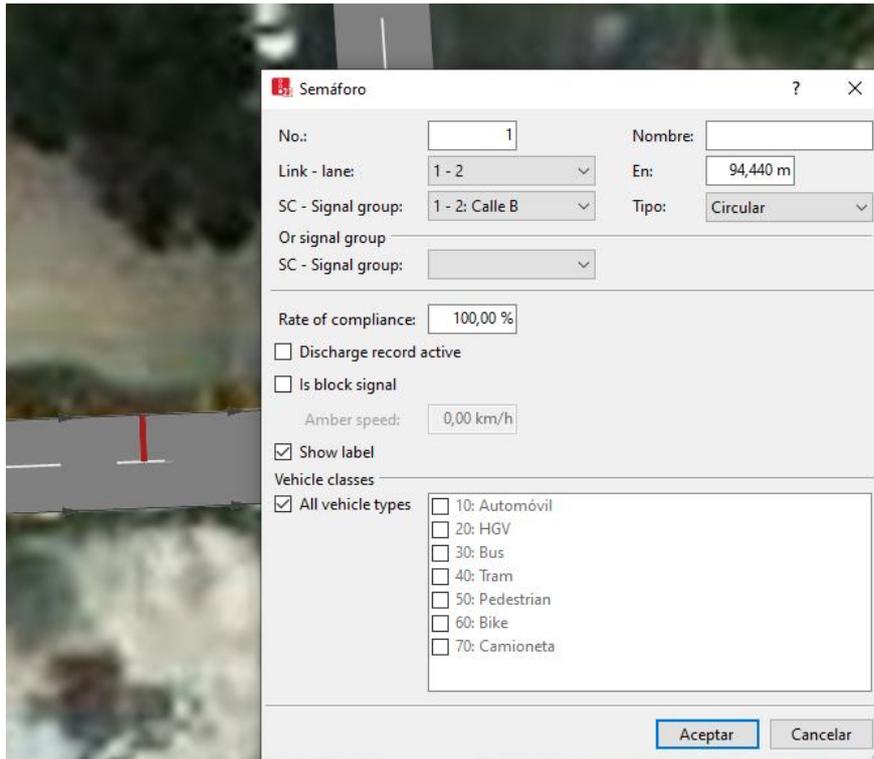
- El ciclo semafórico se puede configurar colocando el tiempo que determinemos correspondiente y que tenga un orden, de esta manera se evita tener inconvenientes al momento de la simulación.



- Al concluir con la configuración se guarda en el icono de la ventana de la parte superior y regresamos a la ventana principal para colocar la configuración en la simulación. En los objetos de red seleccionamos la opción Signal Head.



- En los carriles se da clic derecho, se activa una línea roja y un recuadro, en este último colocamos la señal que le pertenece a la calle como se muestra en la imagen.

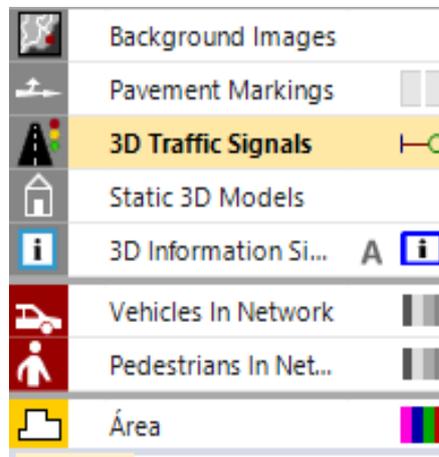


8. Se realiza lo mismo con los otros carriles colocando las señales respectivas. Guardamos todo y simulamos, de esta manera se observa que es lo que sucede al colocar esta nueva configuración.

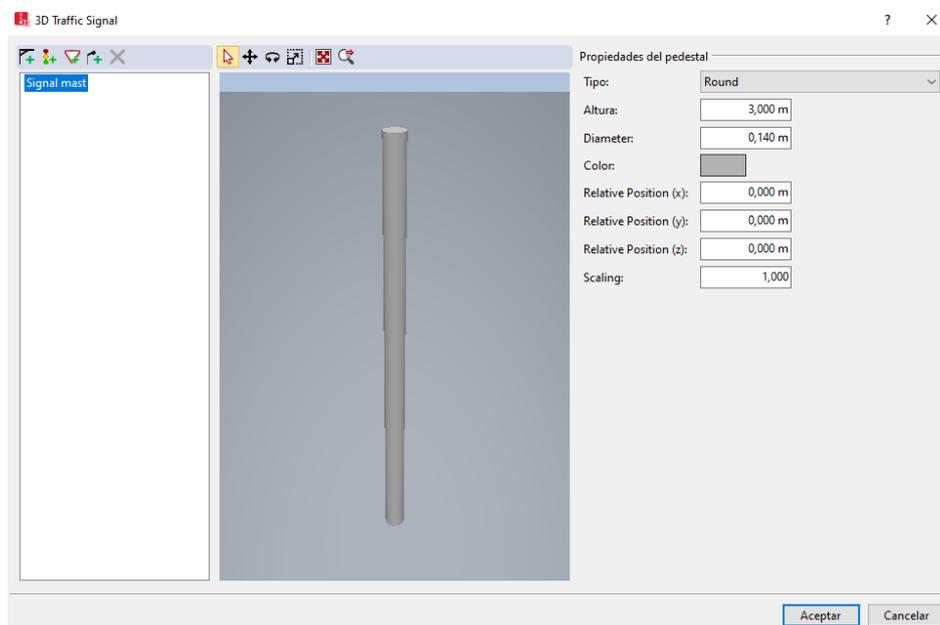


Anexos 6. Tutoriales de la colocación en 3D de los semáforos y luminaria

1. En los objetos de red se identifica el siguiente icono que se muestra seleccionada en la imagen.

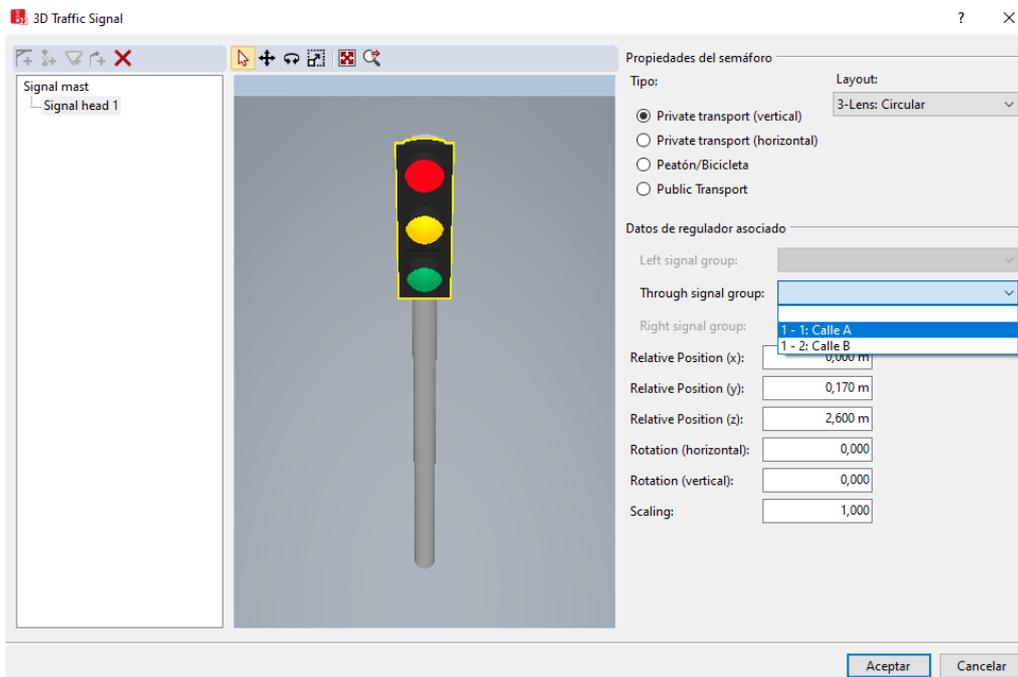


2. Con clic derecho nos colocamos al costado de donde ubicamos las señales semafóricas, al realizar esta acción aparece la ventana de configuración de la señal.

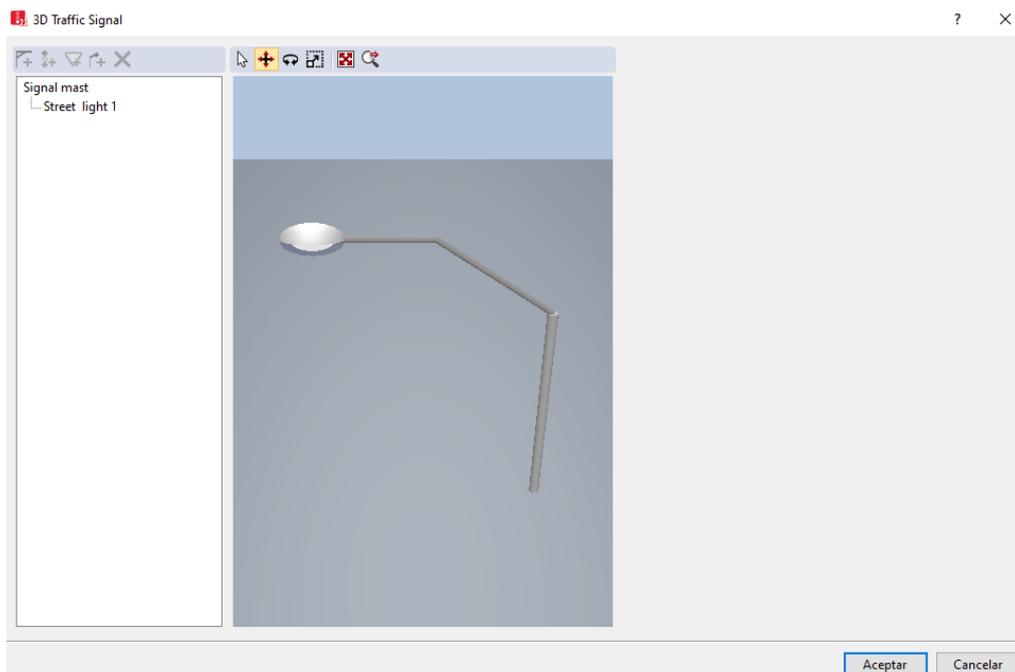


3. Para colocar la figura del semáforo se selecciona en la parte superior izquierda de la ventana, una figura de tres colores idéntica a los colores del semáforo. Al activar esta opción se generan nuevas configuraciones, y se coloca el grupo de señales correspondientes

a la ubicación de la calle. También se puede ajustar el tamaño y sus posiciones en los planos X, Y o Z.



4. Para las luminarias se realiza de la misma manera, con la diferencia que en la ventana de configuraciones se selecciona el cuarto icono de la parte superior izquierda. Con esto se obtiene lo de la siguiente imagen.

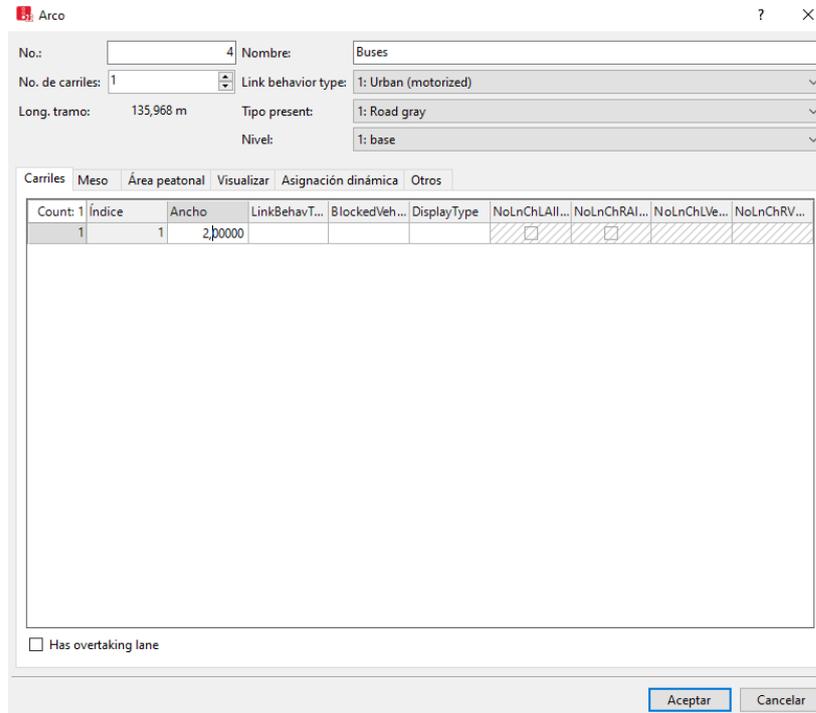


5. En la simulación podemos ver la reproducción en 3D para observar si se encuentran bien colocadas las luminarias y los semáforos.



Anexos 7. Tutorial de creación de líneas de transporte público

1. Creamos un tramo exclusivo para esta línea de transporte, y lo denominamos buses o línea de buses.



2. En los objetos de red, seleccionamos la opción de Public Transport Lines, luego con clic derecho y sobre el tramo creado anteriormente determinamos la ruta que van a seguir nuestros buses.



3. Al crear la ruta se genera una ventana en donde se podrá ubicar el nombre de la ruta, el tramo que le corresponde, el tipo de vehículo que necesitamos, la velocidad a la que los vehículos van a transitar, el desface, y el color que deseamos que tengan.

Linea TP ? X

No.: 1 Nombre: Ruta A

Información base Departure times Telegramas TP

Tramo de inicio: 4: Buses

Tipo de veh: 300: Bus

Dist. vel. deseada: 25: 25 km/h

Desfase: 0 s

Entry time distribution:

Fracción en tiempo de holgura: 1,00

Color:

Aceptar Cancelar

4. En la opción de Departure times, se configura el tiempo de salida de la línea de buses, damos clic derecho y vamos agregando un numero de buses que deseamos que transiten, también se puede agregar el número de ocupantes que puede tener el bus y el tiempo que sale.

Linea TP ? X

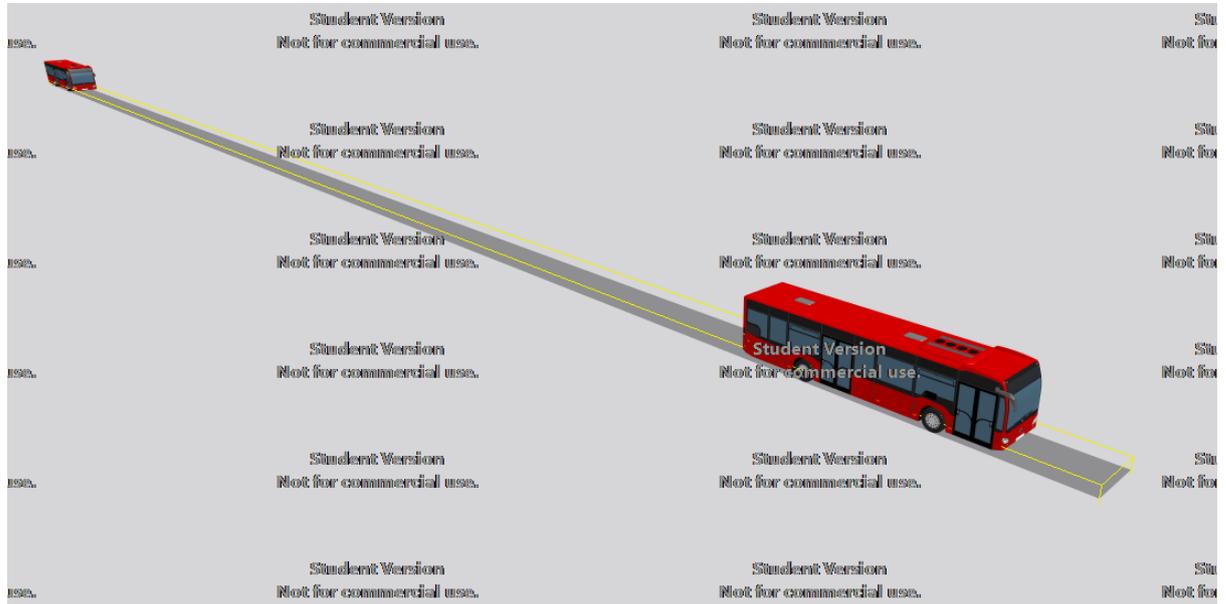
No.: 1 Nombre: Ruta A

Información base Departure times Telegramas TP

Count: 5	Dep	TeleCour	Occup
1	15,0	0	30
2	30,0	0	25
3	60,0	0	20
4	120,0	0	15
5	150,0	0	10

Aceptar Cancelar

5. Guardamos nuestro documento y procedemos a correr la simulación, con esto, observaremos como transitan nuestros buses.

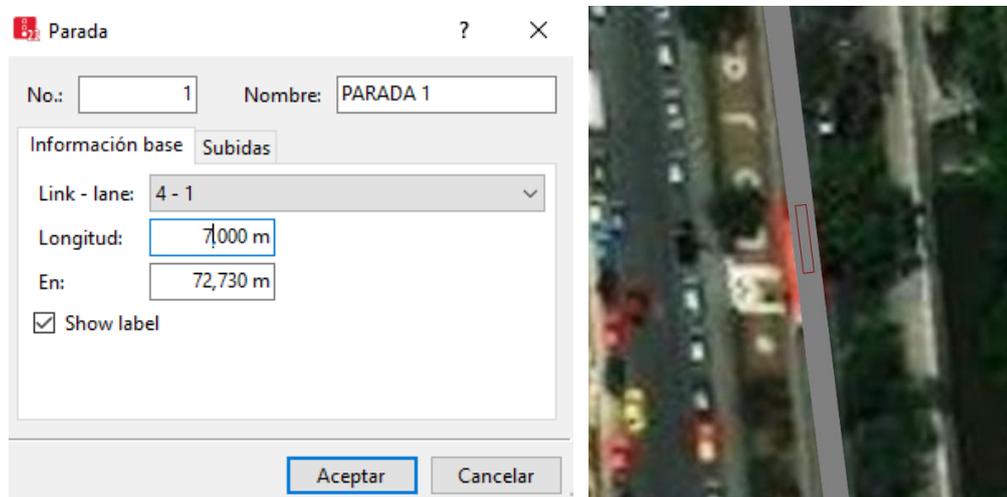


Anexos 8. Tutorial de creación de paradas de buses

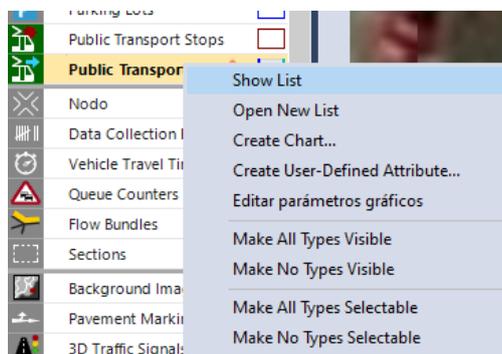
1. Para realizar una parada de buses nos fijamos en los objetos de red y buscamos la opción de Public Transport Stops.



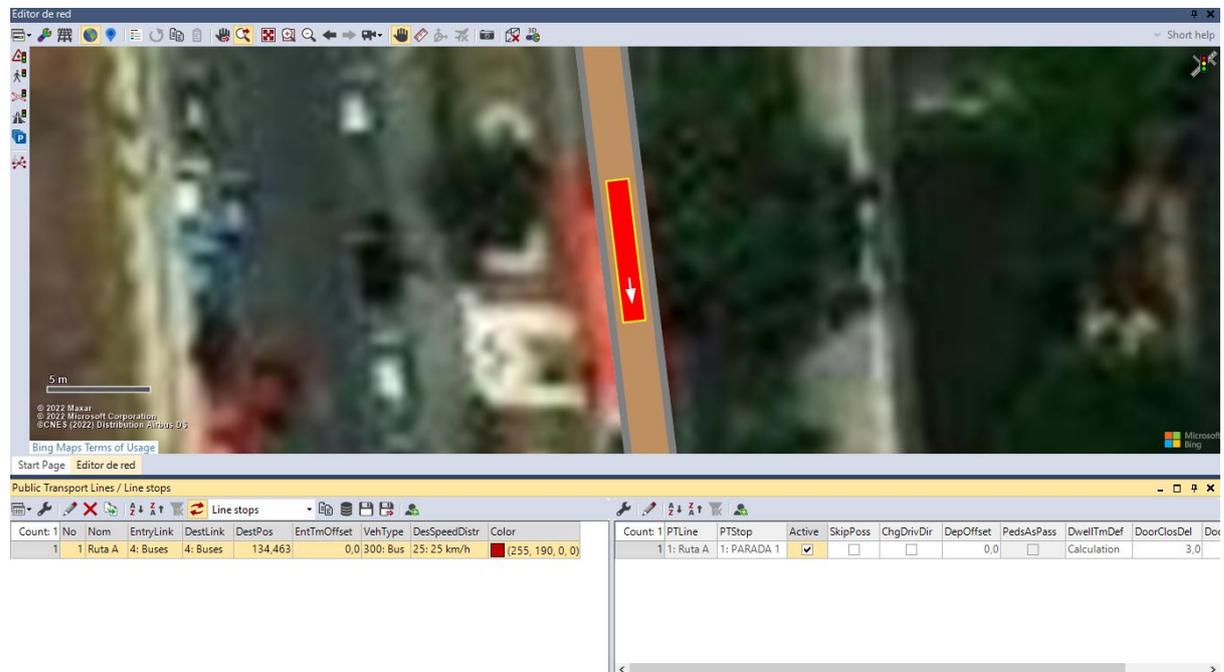
2. Colocamos el cursor sobre el tramo de las líneas de transporte público y con clic derecho seleccionamos la zona donde deseamos que se cree nuestra parada, al realizar esta acción se crea un cuadro de configuraciones en el cual se ubicará el nombre de la parada y el tamaño de esta misma.



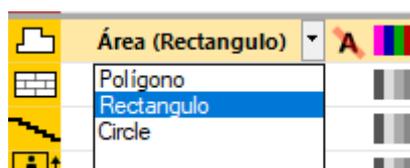
3. Para activar la parada de buses y que estos se detengan al llegar, buscamos la opción de Public Transport Lines, realizamos clic derecho y seleccionamos Show List, la cual generará una ventana en la parte inferior.



- En la ventana inferior, se selecciona la línea de buses y en la parte derecha aparecerá la opción de activar en donde daremos clic izquierdo y automáticamente quedará activa la parada de buses.



- Ya creada la parada de bus, creamos un área para que los pasajeros desciendan, en este caso nos dirigimos a los objetos de red y seleccionamos la opción de área y también seleccionamos la opción de rectángulo.



- Nos ubicamos en la zona de parada y paralela a esta creamos nuestra área. Al momento de acabar de construirla se genera una nueva ventana de configuraciones, en la cual tendremos que buscar la opción de Public Transport y Elevators, en esta sección elegiremos la opción de Plataforma Edge y seleccionamos la parada.

Área peatonal ? X

No.: 1 Nombre:

Nivel: 1: base

Tipo present: 21: Pedestrian area gray

Longitud: 13,211 m

Ancho: 2,739 m

Pedestrian record active

Behavior Public Transport & Elevators Visualizar Otros

Public Transport

Usage: Platform edge

para parada(s) TP: 1: PARADA 1

Boarding passenger choice: PT line only

Waiting position distance:

Ubicación de abordaje:

Elevators

Waiting area for elevator group:

Public Transport & Elevators

Waiting behavior: Wait at fixed location

Queue approaching method: Direct line

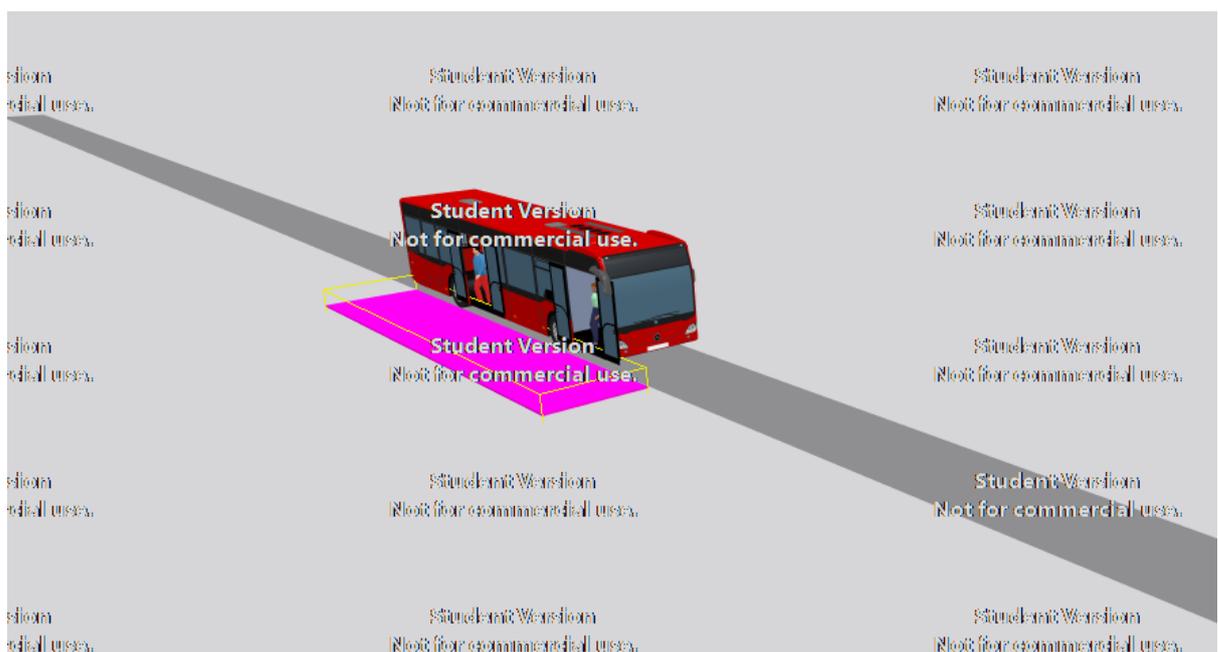
Cell size: 0,150 m

Obstacle distance: 0,500 m

Waiting area minimum spacing: 0,00 m

Aceptar Cancelar

6. Guardamos todo y corremos la simulación para observar cómo se efectúa el descenso de los pasajeros.



Anexos 9. Zona de estudio



Anexos 10. Certificación de traducción del resumen.

Certificado

Yo, **Nathali del Cisne Cuenca Collaguazo**, con cédula de Identidad **1105775330**, como **Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Idioma Ingles**, certifico que este documento de resumen del trabajo de titulación **“SIMULACIÓN MULTIMODAL DEL TRÁNSITO EN ZONAS CONFLICTIVAS DE LA CIUDAD DE LOJA”** de autoría del Sr. Carlos Andrés Pitisaca Díaz con CI: 1150202115, es una versión correcta de traducción literal del español al inglés. También, se certifica la fidelidad de la traducción mas no se asume responsabilidad por la autenticidad o el contenido del documento en la lengua de origen.

Lunes, 12 de septiembre del 2022



LIC. NATHALI CUENCA

NRO. De registro SENESCYT de Titulación: 1008-2018-1987008

CEL. 0981207483