

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**TEMA:**

**Simulación del tráfico vehicular en la ciudad San Francisco de Quito con el software anylogic.**

**Caso estudio “Intercambiador del Condado Shopping”**

**AUTOR:**

**Diego Fernando Jiménez Gavilanes**

## Contenido

1	Dedicataria y agradecimientos .....	4
2	Introducción .....	5
2.1	Justificación .....	6
2.2	Alcance .....	6
2.3	Planteamiento del problema .....	6
3	Objetivos .....	7
3.1	Objetivos Generales .....	7
3.2	Objetivos Específicos .....	7
4	Marco Conceptual y Marco Teórico .....	7
4.1	Marco Teórico .....	7
4.1.1	La congestión vehicular .....	7
4.1.2	Causas del congestionamiento .....	8
4.1.3	Tráfico vehicular .....	9
4.1.4	Diferencias entre congestión vehicular y tráfico vehicular .....	10
4.1.5	Oferta de transporte.....	10
4.1.6	Demanda de transporte .....	10
4.1.7	Principales soluciones para mitigar la congestión vehicular .....	11
4.1.8	Medidas sobre la oferta de transporte: .....	11
4.1.9	Medidas sobre la demanda de transporte.....	12
4.1.10	Congestión vehicular enfocada a la calidad de vida .....	12
4.2	Marco Conceptual .....	12
4.2.1	Software Anylogic.....	12
5	Guía básica para modelación en Anylogic .....	13
5.1	Modelación de una calle.....	14
5.2	Modelación de una intersección .....	20
5.3	Modelación de una glorieta/redondel/rotonda. ....	24
5.4	Modelación de un estacionamiento .....	32
6	Aplicación del software anylogic en el caso estudio.....	34
6.1	Línea Base “Intercambiador del condado shopping” (estado actual 2023) .....	34
6.2	Diseño propuesto para mitigar el congestionamiento. ....	43

7	Conclusiones y recomendaciones .....	61
7.1	Conclusiones.....	61
7.2	Recomendaciones .....	67
8	Anexos.....	68
9	Bibliografía .....	74

# **Simulación del tráfico vehicular en la ciudad San Francisco de Quito con el software anylogic. Caso estudio “Intercambiador del Condado Shopping”**

## **1 Dedicataria y agradecimientos**

Dedico con todo mi amor este trabajo de titulación a la mujer más especial del universo que ha iluminado cada etapa de mi vida: mi querida madre Jacqueline Elizabeth.

En esta travesía su apoyo ha sido mi mayor fortaleza ya que es la única persona que ha estado constantemente a mi lado durante mi existencia. En momentos de oscuridad, su luz ha sido mi faro, mostrándome el camino con paciencia y comprensión.

Cada lección que me ha enseñado ha sido un regalo invaluable, moldeando no solo mi pensamiento sino también mi corazón a través de su alma pura. Este trabajo lleva impregnado la sabiduría que mi mamá ha compartido durante tantos años con el mundo, es un modesto tributo a quien ha sido mi inspiración porque su influencia ha impactado positivamente en mi vida dejando una huella imborrable.

Gracias mamá por ser mi luz, mi fuerza y mi todo. Este logro va dedicado a la persona que ha hecho posible este sueño por esa razón este logro es nuestro porque sin ti no lo hubiese logrado.

De igual forma quiero expresar mi franco y sincero agradecimiento a todos mis profesores y maestros, cuyo impacto ha sido fundamental en mi vida, su dedicación y pasión por la enseñanza han sido pilares esenciales en mi crecimiento.

Cada lección aprendida, cada consejo compartido, cada palabra de aliento y desafío propuesto han contribuido a mi desarrollo. Valoro significativamente su paciencia inagotable y su compromiso de formar profesionales de excelencia, este logro no habría sido posible sin su orientación y soporte, gracias por su dedicación, por creer en mí y por ser catalizadores de este logro en mi vida.

## 2 Introducción

La problemática de la congestión vehicular crece a un mayor ritmo en la ciudad de Quito por dos factores, el pésimo servicio del transporte público y por otro lado la tendencia moderna de movilizarse en vehículos livianos lo cual crea un aumento en el parque automotor, pero no soluciona la movilidad dentro de la ciudad.

Los principales efectos negativos de la congestión es la pérdida de tiempo de los usuarios, disminución en la calidad de vida de las personas, incremento de probabilidad de accidentes de tránsito, mayor consumo de combustible y genera contaminación de diferentes tipos.

El índice INRIX es un indicador de congestión y actividades socioeconómicas dentro de un área metropolitana o una aglomeración urbana basados en datos recogidos de 100 millones de dispositivos enviando información a tiempo real.

Según el INRIX (<https://inrix.com/scorecard/>) que es una empresa privada estadounidense que recopila información en 145 países diferentes en el planeta en tiempo real, esta empresa obtiene datos relacionados al flujo vehicular, al congestionamiento, accidentes de tránsito, tiempos de tráfico en zonas de conflicto, seguridad vial, disponibilidad de estacionamientos, etc.

Es una empresa que proporciona datos a partir de automóviles, cámaras, sensores en las vías y dispositivos móviles que brindan información diaria de forma anónima. En su informe publicado en el 2022 colocan a Quito con una tasa de 70 horas perdidas por habitante por año.

### **Datos del intercambiador (redondel del condado shopping)**

Tiempo de construcción (remodelación): 18 meses.

Fecha de inicio de trabajos: 2012/02/01, febrero 2012.

Fecha de inauguración: 2013/09/11, septiembre 2013.

Vías que confluyen: Mariscal Sucre, Manuel Córdova Galarza, La prensa.

Monto: 5'412.969.

Constructora: Bueno&Castro

## **2.1 Justificación**

La importancia de realizar obras viales correctamente para optimizar recursos y disminuir los tiempos de traslado por la actual congestión vehicular; esta problemática se ve reflejada en una disminución de calidad de vida para las personas y su productividad; los análisis a través de herramientas de simulación ayudan a tener una idea más realista de cómo funciona el sistema de transporte en los puntos de conflicto dentro de una ciudad, en este caso de estudio un intercambiador dentro de la ciudad San Francisco de Quito “Condado Shopping” situado al norte de la capital del Ecuador.

## **2.2 Alcance**

El resultado que buscamos mostrar con este trabajo es tener una herramienta adicional (software anylogic) para tomar decisiones que ayuden para mitigar la congestión vehicular dentro de una ciudad. Con este software se va a poder realizar varios modelos donde vamos a poder optimizar los recursos al máximo, ya que vamos a poder tener diferentes opciones y podemos comparar los resultados entre varias simulaciones para tomar la mejor decisión de una forma técnica.

## **2.3 Planteamiento del problema**

La movilidad es un eje fundamental en la actualidad para el hombre, el desarrollo de la humanidad y el crecimiento poblacional han llevado a un caos vehicular en grandes aglomeraciones urbanas, así como el modelo contemporáneo del crecimiento del parque automotor han provocado congestionamiento vehicular a un ritmo desproporcionado en San Francisco de Quito se pierden alrededor de 70 horas al año por habitante según el INRIX.

El trabajo consiste en crear modelos simples de simulación para poder analizar de mejor forma el problema actual del congestionamiento vehicular. La herramienta a utilizar es el software llamado anylogic.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivos Generales**

- I. Crear una simulación de tráfico vehicular con la herramienta anylogic del intercambiador actual y compararla con otro diseño para determinar cuál se comporta mejor frente a la congestión.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- I. Comprender de manera correcta que es la congestión y por qué se produce.
- II. Realizar una guía básica para poder realizar simulaciones básicas y modelar problemas reales de congestión vehicular.

### **4 Marco Conceptual y Marco Teórico**

#### **4.1 Marco Teórico**

##### **4.1.1 La congestión vehicular**

La congestión se refiere a la condición de que existan muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza a una velocidad irregular o lenta, el tráfico vehicular es ideal cuando la velocidad de circulación es libre y solo está limitada por las leyes de tránsito (límites de velocidad). La congestión es causada por la interferencia entre los vehículos cuando existe un incremento de vehículos en el flujo de tránsito, a medida que el volumen de tráfico crece cada vehículo obstaculiza el movimiento de los demás lo que da como resultado un aumento en los tiempos de circulación de cada vehículo dentro del sistema. La congestión de tráfico puede tener varios efectos secundarios dentro del contexto global como:

- I. Reducción de velocidad de circulación.
- II. Incremento de tiempo en los viajes.
- III. Mayor consumo de combustible o energía (autos híbridos o eléctricos).
- IV. Disminuye la productividad de una sociedad.
- V. Reduce de la calidad de vida.

## VI. Contaminación.

La palabra congestión o congestionamiento usada en este caso como el contexto de “tráfico vehicular”. En el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua se define como la “acción” y efecto de congestionar o congestionarse” y “congestionar” significa “obstruir, obstaculizar, estorbar, entorpecer el paso, la circulación el movimiento de algo, en este caso en específico el tránsito vehicular.

El término congestión se podría definir de un manera simple y objetiva como el ingreso de un vehículo en un flujo de tránsito y este vehículo causa un aumentó en el tiempo de circulación de los demás vehículos del sistema.

### 4.1.2 Causas del congestionamiento

- I. La congestión vehicular es causada principalmente por el uso del automóvil, cuya adquisición se ha aumentado en las últimas décadas en el Ecuador, por esta razón es poco eficiente adquirir un vehículo liviano si se desea solucionar la congestión vehicular dentro de una ciudad.

El medio de transporte que brinda mayores beneficios como: autonomía, comodidad, seguridad, confiabilidad, bienestar en general es el automóvil sin embargo este ocupa un mayor espacio vial por pasajero comparada con otros medios de transporte y es la principal razón de la problemática del congestionamiento.

- II. En una aglomeración urbana como la ciudad de Quito la demanda de transporte es una actividad derivada esto quiere decir que la necesidad de moverse de las personas es para realizar otras actividades como: trabajo, estudio, descanso, compras, recreación, etc.

- III. La demanda del transporte es variable en los lapsos de mayor congestión se da flujo máximo en tiempos muy específicos (horas pico), en dichas crestas se concentran muchos viajes mientras que en el tiempo restante la demanda de transporte es mínima.

- IV. La infraestructura vial existente en nuestro país no abastece el parque automotor existente sobre todo en las horas pico y el presupuesto para realizar proyectos viales que solucionen la congestión vehicular es alto para el Estado.
- V. El transporte se realiza dentro de espacios viales y áreas limitadas, por esto no se puede acumular la capacidad vial no usada para ser utilizada posteriormente en periodos de mayor demanda vial.
- VI. Problemas de diseño como un mal trazado, falta de señalética con una defectuosa información y hasta se podría mencionar que hasta el estilo de conducción puede influir en la congestión.
- VII. Gestión inapropiada de las autoridades competentes y los entes de control.
- VIII. La congestión produce otros efectos secundarios como secuelas del mismo estos efectos son:
  - a. Contaminación ambiental.
  - b. Contaminación acústica, lumínica y visual.
  - c. Mayor consumo de gasolina, diesel o energía.
  - d. Gasto de recursos públicos.
  - e. Gasto de recursos privados.
  - f. Disminución de productividad y pérdida de calidad de vida.

### **4.1.3 Tráfico vehicular**

El tráfico vehicular según (Garber & Lester, 2005) se refiere al flujo de los vehículos en circulación dentro de una vía (calle, avenidas, carreteras, autopista, etc.) El tráfico vehicular es causado por un incremento de la demanda de transporte esto sumado a otros factores como: falta de infraestructura adecuada para el tránsito, uso mayoritario del automóvil, precarización del transporte público, escasa señalética, falta de educación vial para los conductores, etc.

#### **4.1.4 Diferencias entre congestión vehicular y tráfico vehicular**

El congestionamiento y el tráfico son dos conceptos relacionados pero diferentes. La congestión vehicular según (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007) hace referencia a la acumulación de vehículos dentro de una vía lo que da como resultado un aumento en los tiempos de viaje y reducción de velocidad de circulación. Por otro lado, el tráfico vehicular hace referencia a los vehículos en una vía sin necesariamente implicar congestión entre ellos, en síntesis, se podría decir que la congestión vehicular es una manifestación del tráfico vehicular cuando existe una acumulación excesiva de vehículos que afecta a la fluidez del tránsito aumentando tiempos de viaje y reducción la velocidad de circulación.

#### **4.1.5 Oferta de transporte**

La oferta de transporte según (Hay, 1983) se refiere al conjunto de recursos disponibles para poder transportarse de un punto a otro como la infraestructura vial, los diferentes tipos de vehículos disponibles y la gestión del transporte. La capacidad de la oferta de transporte se mide en términos de la cantidad de personas que pueden ser movilizadas en un periodo de tiempo establecido.

#### **4.1.6 Demanda de transporte**

La demanda de transporte es la necesidad de trasladar personas o bienes de un sitio a otro. La demanda de transporte según (Valdés González-Roldán, 1982) se genera por la necesidad de desplazarse para realizar otras actividades lo que implica moverse de un sitio a otro, la congestión vehicular es el resultado de la demanda de viajes en ciertos periodos, estos periodos son conocidos como horas pico o horas punta.

#### **4.1.7 Principales soluciones para mitigar la congestión vehicular**

Para abordar la problemática se necesita un enfoque multidisciplinario esto implica unir varias áreas del conocimiento diferentes e implementar medidas que abarquen todos los aspectos del transporte, dichas áreas podrían ser ingeniería de tránsito, administración pública, planificación urbana y territorial, trazado de carreteras, psicología del comportamiento, leyes de tránsito, gestión del transporte, etc. Esto nos podrá brindar una visión más completa del problema y considerar tanto aspectos técnicos como los aspectos sociales del congestionamiento.

La implementación según (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007) de varias medidas que trabajen en equipo para solucionar la problemática del congestionamiento vehicular, estas mejoras podrían incluir la optimización de la infraestructura vial, mejorar los hábitos de conducción, incentivar otros medios de transporte diferentes al automóvil, mejorar la gestión del ente que administra el transporte público, racionalización del uso de las vías por periodos previamente establecidos, etc. Mediante el enfoque multidisciplinario y aplicando una estrategia integrada con la colaboración de todas las áreas de conocimiento que trabajen conjuntamente y complementaria para encontrar una solución a corto plazo.

#### **4.1.8 Medidas sobre la oferta de transporte:**

- I. Ampliación de la capacidad de la red vial mediante el ensanchamiento de vías.
- II. Mejoramiento de intersecciones e implementar señalética adicional.
- III. Uso de vehículos de mayor capacidad (evitar el automóvil).
- IV. Gestión correcta y eficiente para el sistema de transporte.
  - a. Implementación de carriles segregados para transporte público.
  - b. Instalación semáforos inteligentes.
  - c. Mejoramiento y actualización de las leyes de tránsito actuales.
  - d. Racionalización de circulación de vehículos en la vía pública (pico y placa).
  - e. Implementación de carriles en contraflujo (horas pico).

- f. Creación de áreas específicas con peajes exclusivos.
- g. Implementar estacionamientos perimetrales en la ciudad y en las estaciones como (Rio Coca, Labrador, Quitumbe, Ofelia, etc.).
- h. Integrar las diferentes líneas de transporte para crear un sistema integral completo en la ciudad.

#### **4.1.9 Medidas sobre la demanda de transporte**

- I. Promoción de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación.
- II. Fomentar la movilidad no motorizada (bicicleta).
- III. Fortalecer la movilidad con energía limpia (vehículos híbridos o eléctricos).
- IV. Fomentar el uso compartido del automóvil.

#### **4.1.10 Congestión vehicular enfocada a la calidad de vida**

La congestión vehicular tiene un impacto significativo y relevante en la vida de una persona, especialmente cuando hablamos de la pérdida de tiempo reduciendo la productividad de la misma. La congestión se deriva en tiempos de viaje más largos lo que puede llevar a tener retrasos esto puede generar problemas como estrés, frustración y la sensación de no tener el control sobre el tiempo. Además de esto la congestión vehicular puede afectar a la eficiencia económica ya que disminuye la productividad, de igual forma aumenta el consumo de combustible que se traduce a un mayor costo y genera mayor contaminación por un incremento de tiempo de exposición lo que tiene efectos negativos en la salud y el medio ambiente.

En síntesis, la congestión vehicular puede contribuir a la disminución de la calidad de vida al causar pérdidas de tiempo y limitaciones en la eficiencia económica por ellos es importante tomar medidas de control y reducir la congestión.

## **4.2 Marco Conceptual**

### **4.2.1 Software Anylogic**

El software anylogic (<https://www.anylogic.com/>) es un programa de simulación que se utiliza para modelar sistemas complejos, tiene varios usos como gestión de la cadena de

suministros, planificación de producción, fluidos, modelación de estaciones de metro o aeropuertos, eventos discretos, ingeniería de transporte, etc.

Anylogic se puede utilizar en varios sectores e industrias, esa versatilidad lo hace un programa muy amigable con el usuario además de presentar una interfaz amigable de modo que es más accesible quien diseña.

En este caso puntual se puede determinar que nos ayuda a crear modelos realistas de tráfico y de esta manera el sistema de transporte sufre una optimización ya que podemos simular varios escenarios hipotéticos para cubrir cualquier problema que surja.

## **5 Guía básica para modelación en Anylogic**

- I. Ingresar a <https://www.anylogic.com/>
- II. Descargar el programa, personal learning edition
- III. Versión del programa: 8.8.6
- IV. Recomendaciones de hardware:
  - a. 1,5 GB de espacio libre en disco
  - b. Recomendación entre 4 a 8 GB de memoria RAM y un procesador moderno de al menos 2 núcleos
  - c. Un mouse de panel táctil para la edición grafica.
- V. El programa ha sido probado en las siguientes plataformas:
  - a. Microsoft Windows 11, x64
  - b. Microsoft Windows 10, x64
  - c. Apple Mac OS X 10.15 “Catalina”
  - d. Linux Mint 17, x64
  - e. Ubuntu Linux 18 y 20, x64

### Abreviaciones

- MSE: AVENIDA MARISCAL SUCRE ESTE
- MSO: AVENIDA MARISCAL SUCRE OESTE
- MCG: AVENIDA MANUEL CORDOVA GALARZA
- PRENSA: AVENIDA DE LA PRENSA

## 5.1 Modelación de una calle

### I. Iniciar el programa.

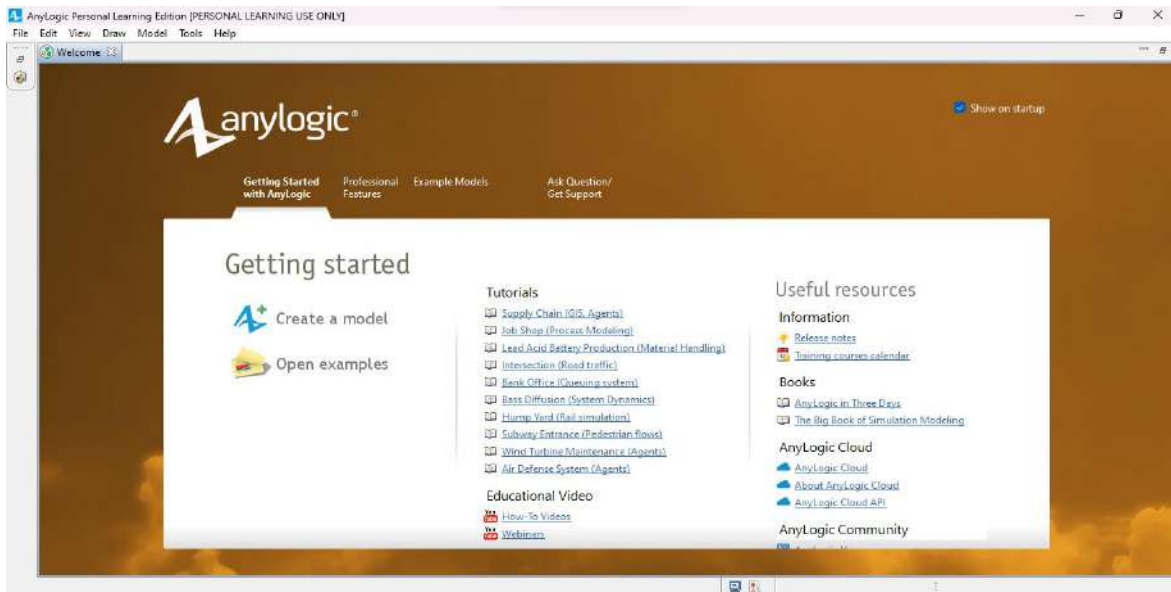


Ilustración 1

### II. Seleccionar “Create a model” para iniciar un nuevo modelo.

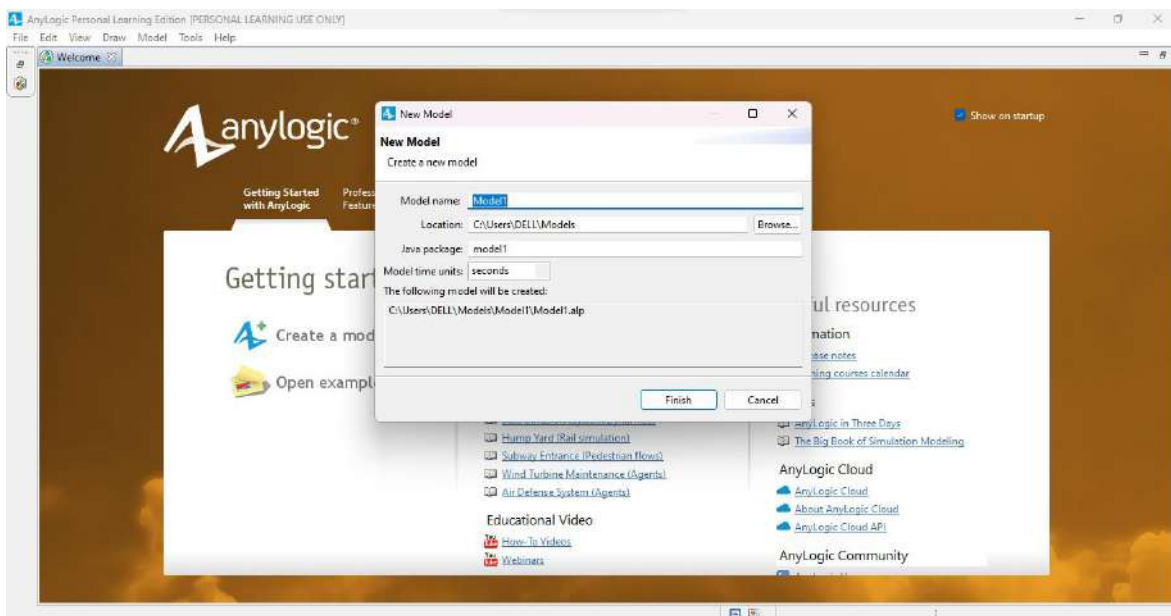


Ilustración 2

III. En la siguiente ventana se debe seleccionar el nombre del proyecto y se debe escoger la carpeta donde vamos almacenar el archivo de la modelación. Lo

importante de este paso es comprobar que en el campo “model time units” este seleccionado en segundos “seconds”.

IV. El interfaz del programa es el siguiente.

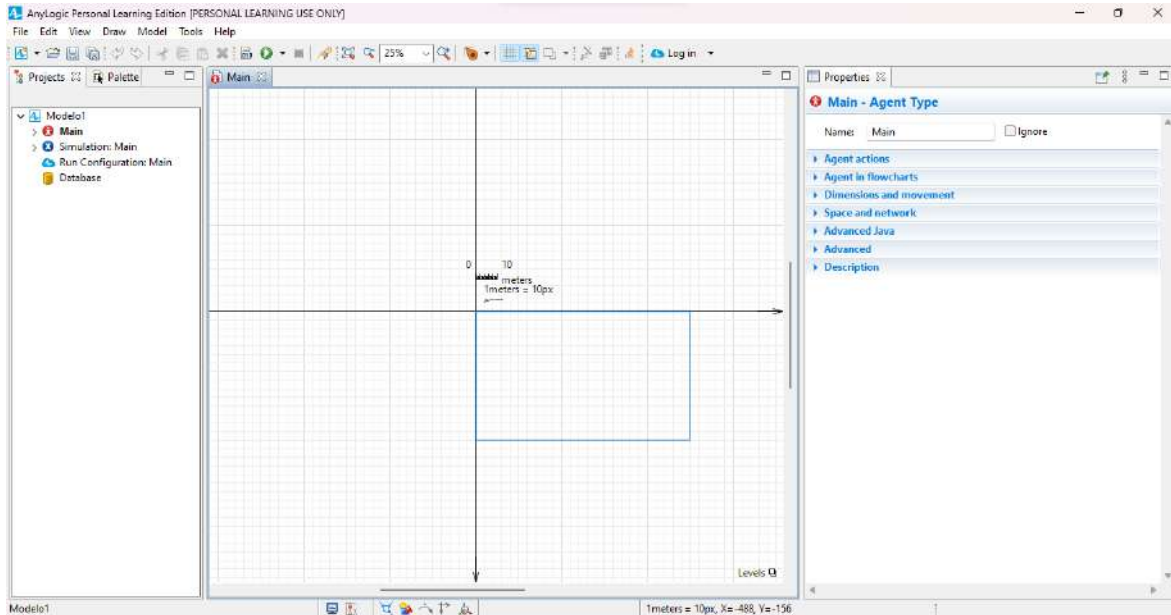


Ilustración 3

V. Para empezar con la modelación se debe dar click en “Pallette” y seleccionar “Road Traffic Library”.

VI. Se van a desplegar las siguientes opciones.

Road Traffic Library

- Space Markup
  - Road
  - Intersection
  - Stop Line
  - Bus Stop
  - Parking Lot
- Blocks
  - Car Source
  - Car Dispose
  - Car Move To
  - Car Enter

- Car Exit
- Traffic Light
- Road Network Descriptor

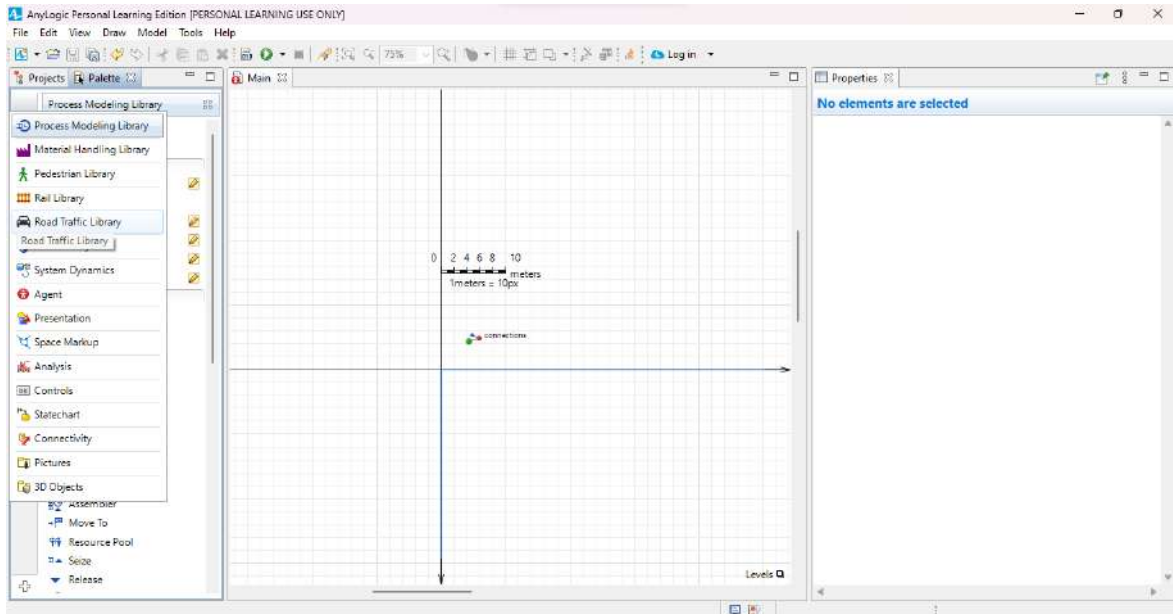


Ilustración 4

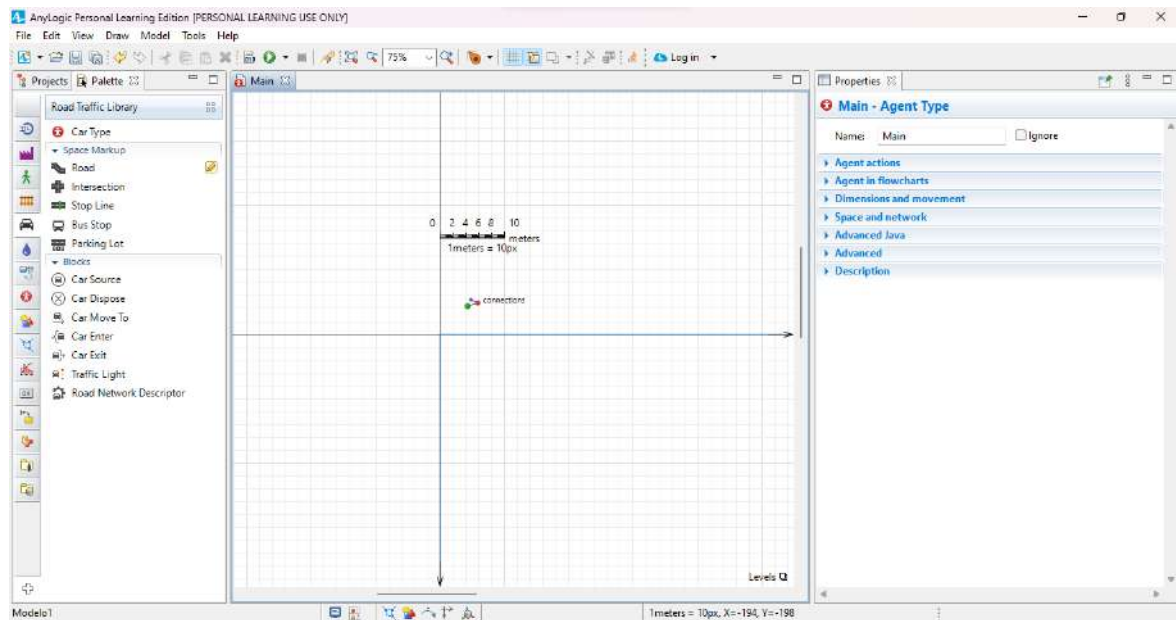


Ilustración 5

- VII. Para crear una calle se debe dar doble click en “Road “para activar esta opción, luego damos un click donde deseamos empezar el trazado de la calle y para finalizar se debe dar enter.

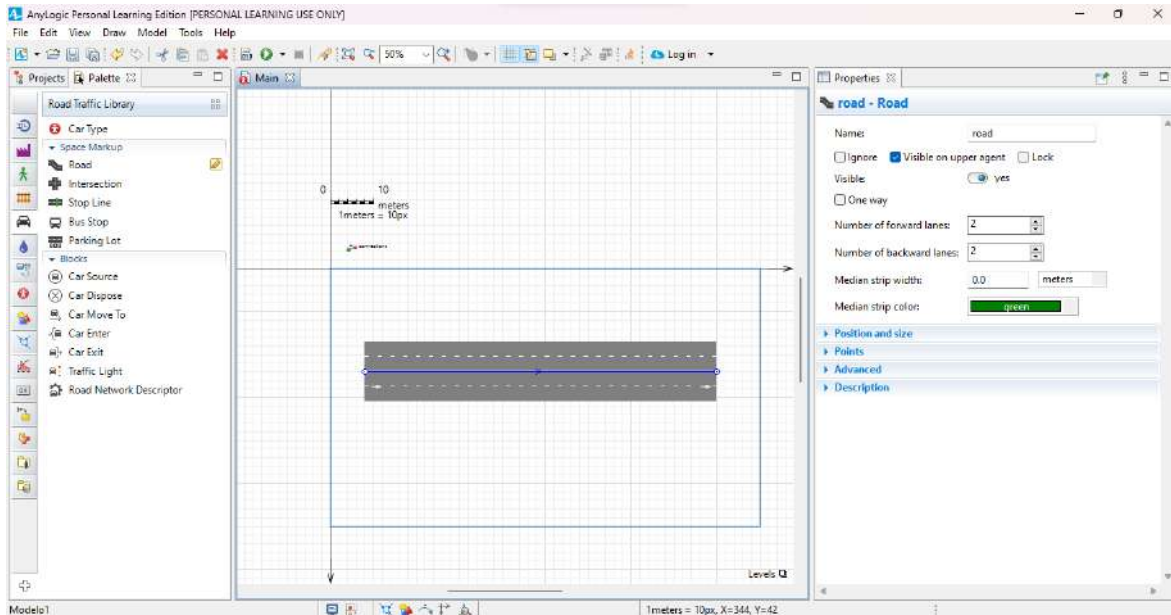


Ilustración 6

- VIII. En el lado derecho aparece la pestaña “Propiedades” donde se puede modificar las características de nuestra vía como la cantidad de carriles, el ancho del parterre, determinar si es de una vía o doble vía, etc.

IX. Con el trazado de la vía podemos realizar un flujo de vehículos, para este paso necesitamos ir a “Blocks” en la pestaña de “Palette”.

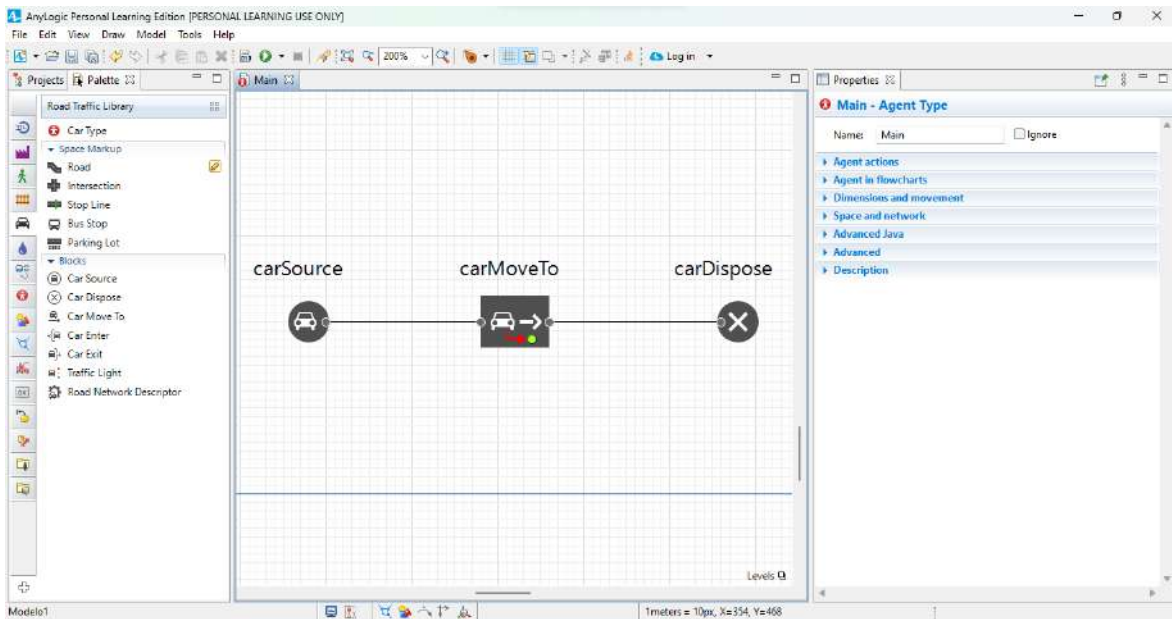


Ilustración 7

X. Para generar un tráfico vehicular dentro de la modelación necesitamos estos 3 bloques.

- a. CarSource: donde generas la cantidad de vehículos, seleccionas donde quieres que empiece la simulación, determinas si empieza en el carril de ida o de regreso, etc.
- b. CarMoveTo: donde generas una dirección para el flujo de vehículos y determinas si deseas que los vehículos se muevan hacia un estacionamiento, parada de buses, calle, etc.
- c. CarDispose: con este elemento indicas que el flujo ha terminado.

XI. Para poder generar la simulación debemos dar click en el icono verde de simulación.

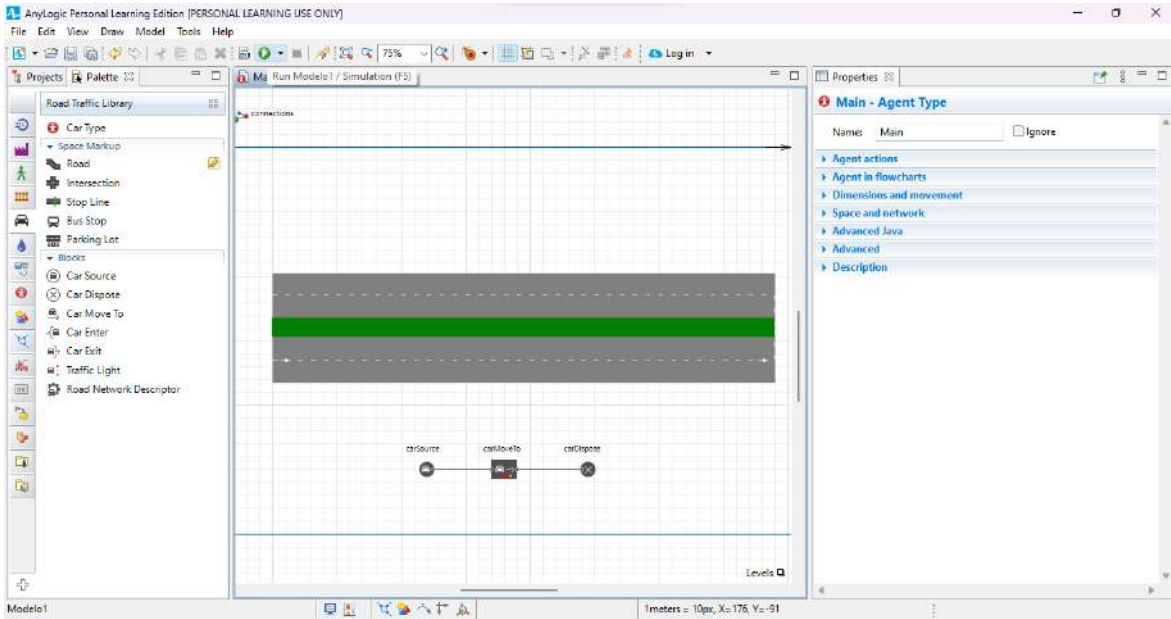


Ilustración 8

XII. La simulación se puede visualizar de la siguiente forma.

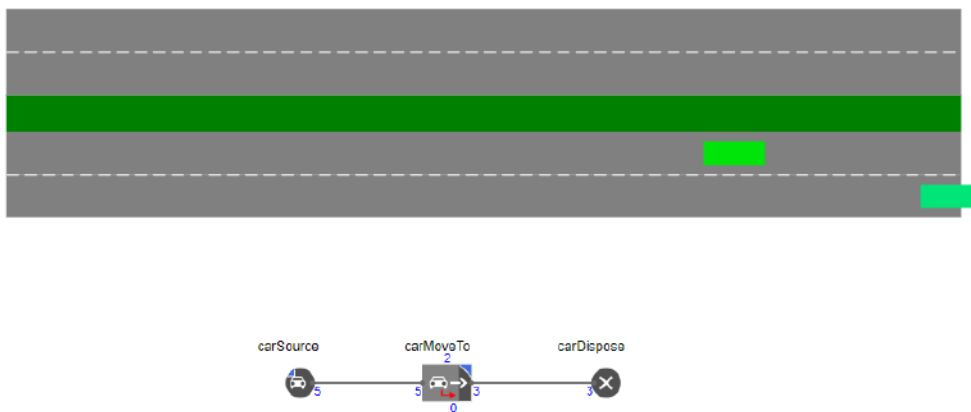


Ilustración 9

## 5.2 Modelación de una intersección

- I. Para realizar una intersección necesitamos unir dos o más calles compuestas con un elemento del “Space Markup” llamado “Intersection”. Este elemento es importante para poder separar o unir diferentes flujos.

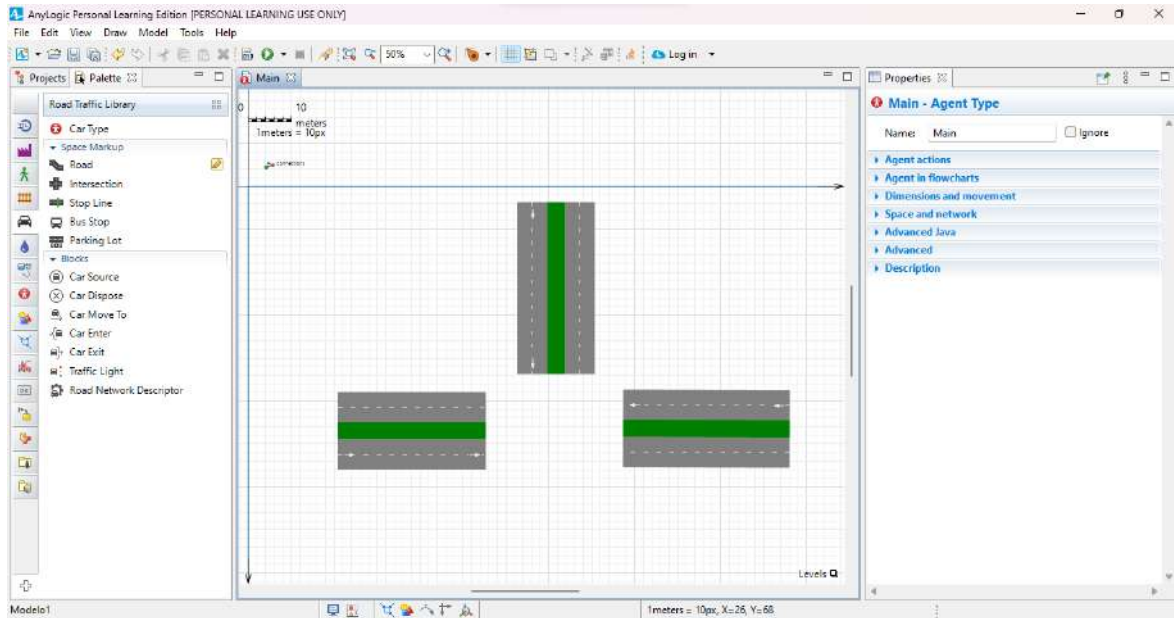


Ilustración 10

- II. Mediante este elemento podemos unir dos o más calles para crear sistemas más complejos, esto es fundamental para poder simular escenarios más realistas.

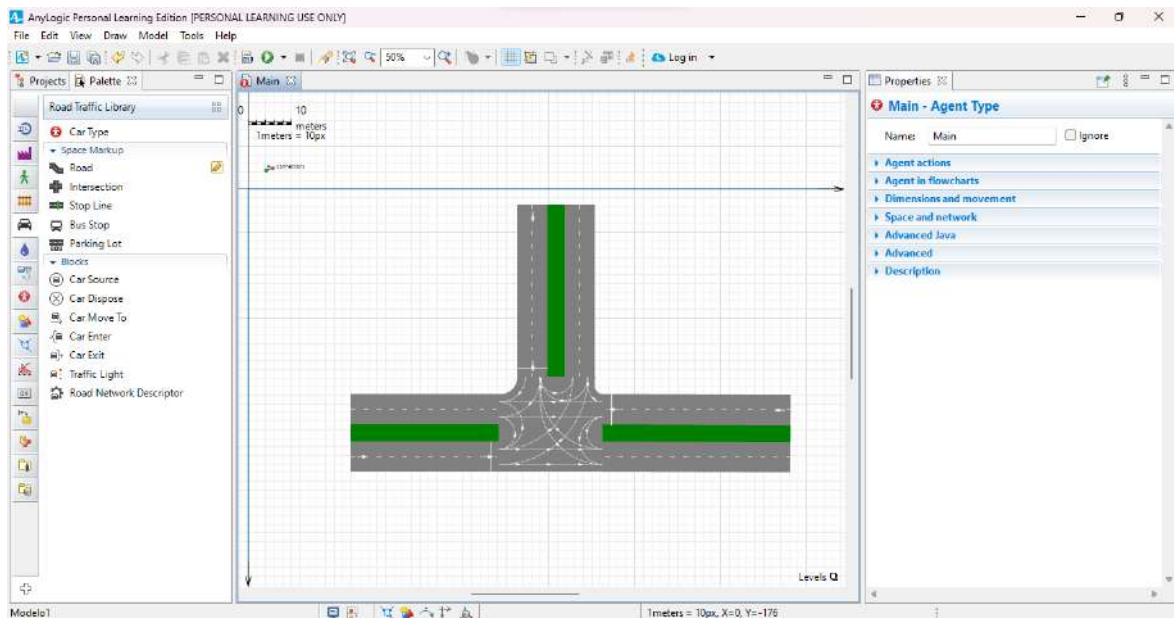


Ilustración 11

III. Para poder iniciar la simulación debemos utilizar volver a crear flujos de vehículos. (Ver capítulo 5.1.9-10).

IV. Vamos a crear una intersección hipotética como ejemplo con las siguientes características.

Ancho de carril: 3,6 metros

Calle Vertical: Avenida con 2 carriles por sentido y una ciclovía intermedia.

Calle Horizontal: Avenida con 1 carril por sentido y un parterre de césped.

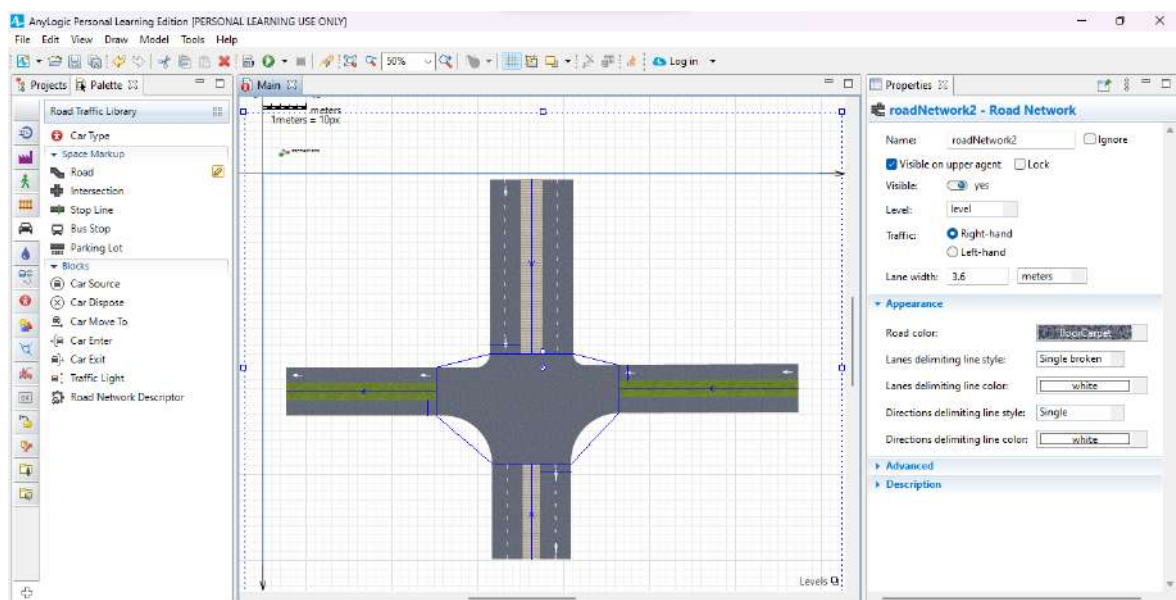


Ilustración 12

V. Los flujos creados para este ejemplo serán los siguientes:

- Avenida Vertical
  - Sentido arriba-abajo: (hacia abajo y giro a la izquierda).
  - Sentido abajo-arriba: (hacia arriba y giro a la derecha).
- Avenida Horizontal
  - Sentido derecha-izquierda: (hacia la izquierda).
  - Sentido izquierda-derecha: (hacia la derecha).

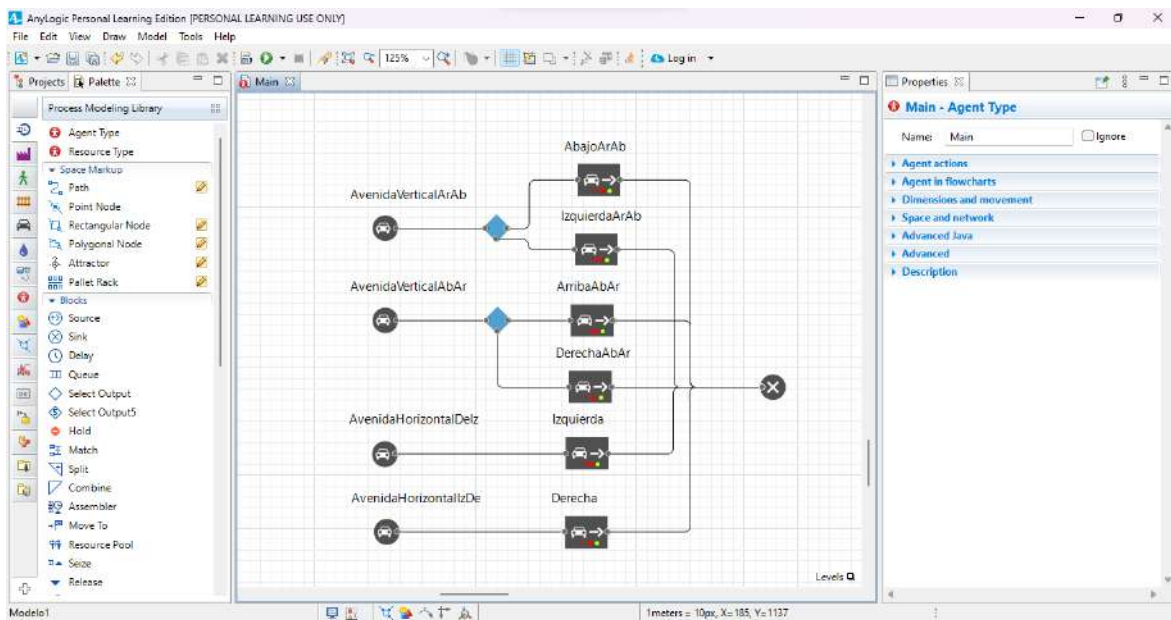


Ilustración 13

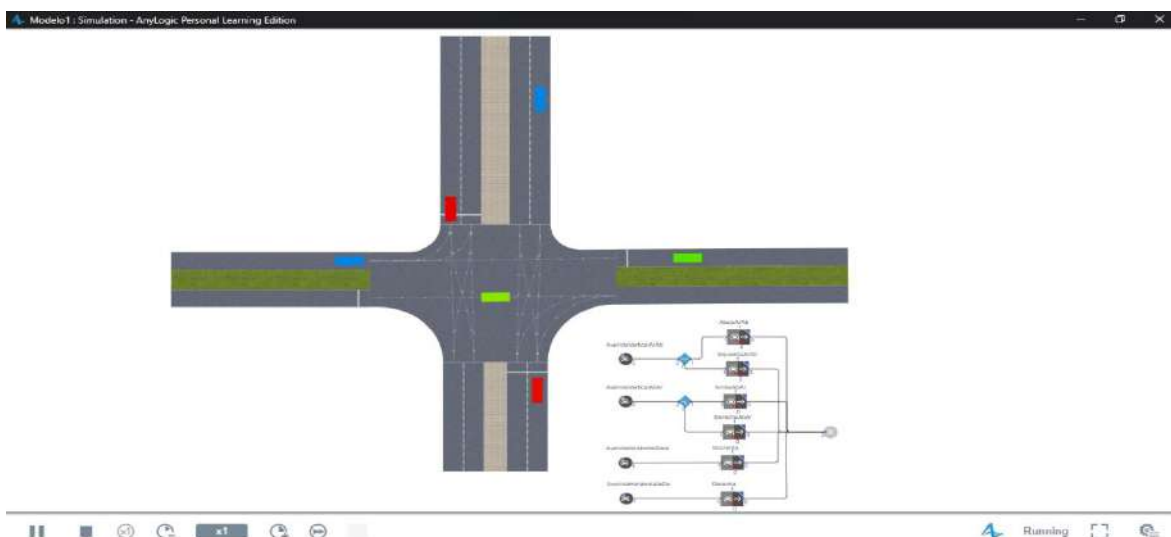


Ilustración 14

Para este paso es necesario conocer un elemento adicional llamado “Select Output” y “Select Output5”. Estos 2 elementos sirven para dividir el flujo en varias ramas.

En “Select Output” tienes 2 ramificaciones, por otro lado, en el “Select Output5” tienes 5 ramificaciones. En cada uno de estos elementos puedes escoger la probabilidad y de igual manera puedes determinar el número de opciones.

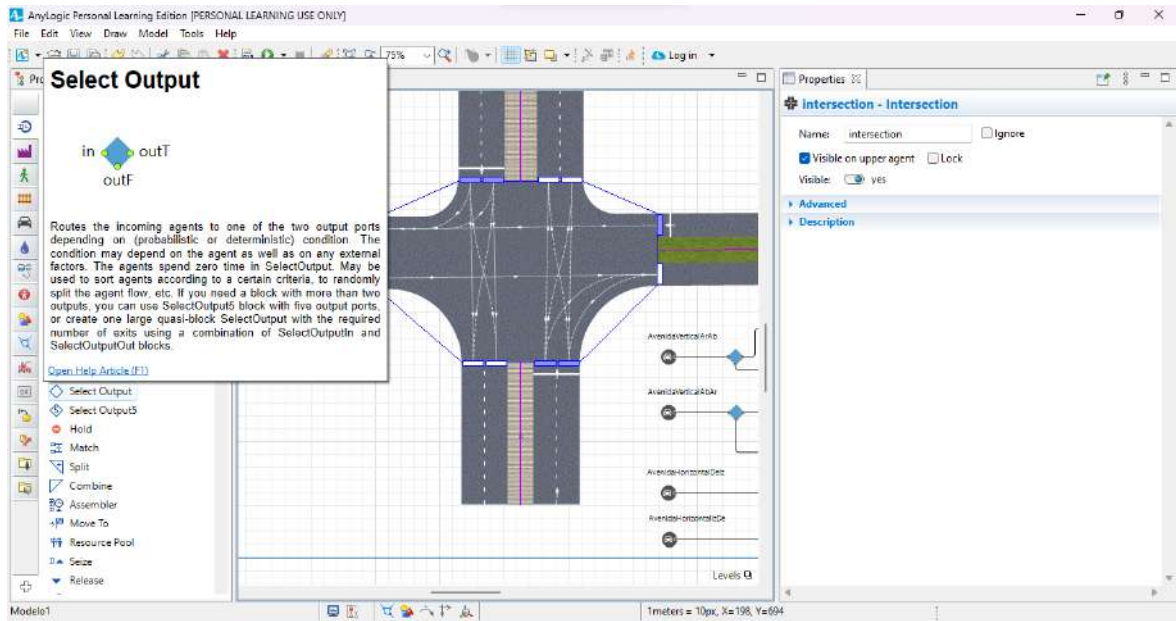


Ilustración 15

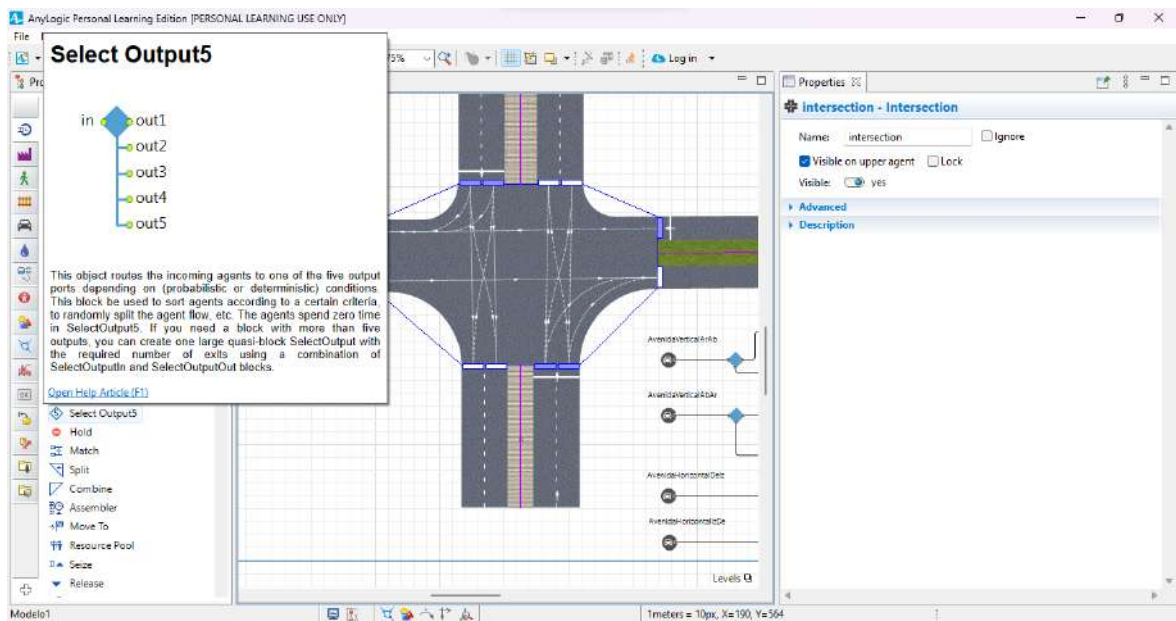


Ilustración 16

- VI. Para poder determinar los giros correctos se tiene que seleccionar el intercambiador y determinar los movimientos que deseamos que la simulación haga, para el ejemplo propuesta vamos a seleccionar la avenida en sentido arriba-abajo, las 2 opciones son bajar y curvar hacia la izquierda.

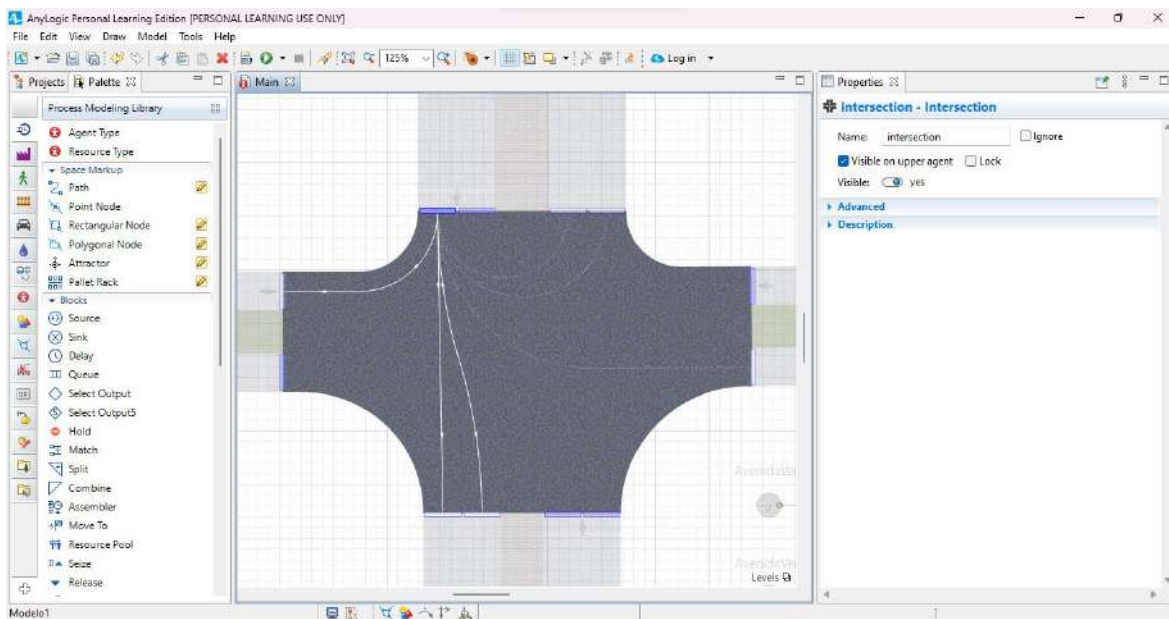


Ilustración 17

- VII. Otra recomendación es tener mucha prolijidad en determinar cuándo se genera los bloques de tránsito, se debe seleccionar e identificar de manera correcta “forward lane” y “backward lane” tanto para la generación de tráfico como para seleccionar la dirección del flujo.

### 5.3 Modelación de una glorieta/redondel/rotonda.

- I. Para poder generar en el programa un sistema vial llamado glorieta o redondel vamos a tomar una imagen como referencia. Para este paso vamos a seleccionar “Image” y vamos arrastra el icono hasta la pantalla principal.

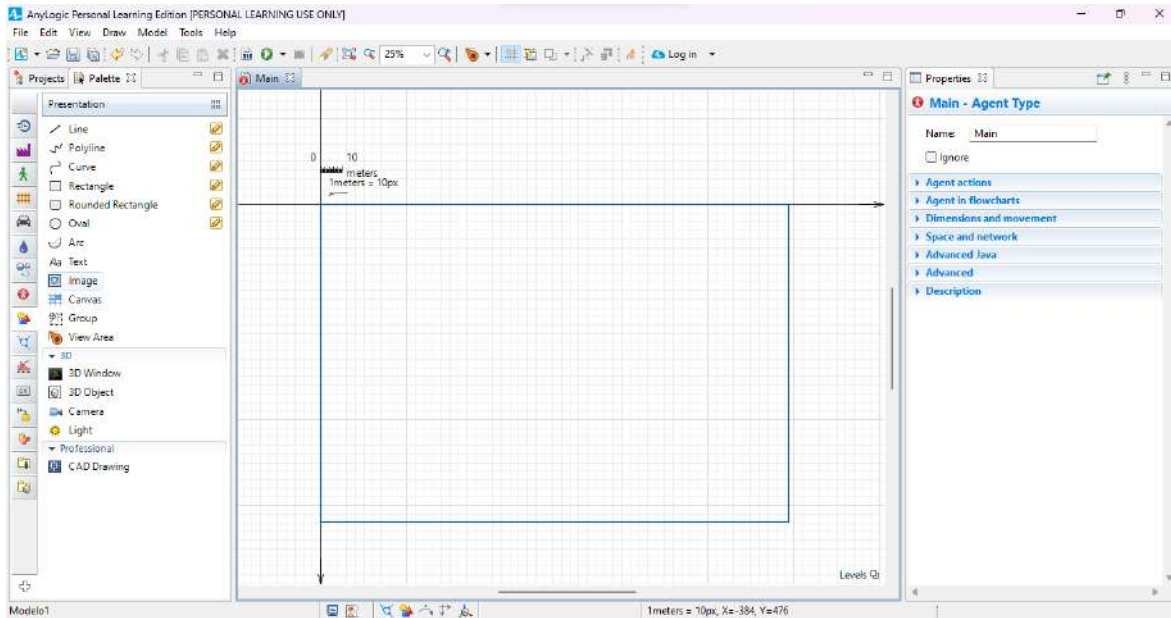


Ilustración 18

II. Cuando seleccionas “Image” tendrás que seleccionar una imagen para poder colocarla dentro del modelo.

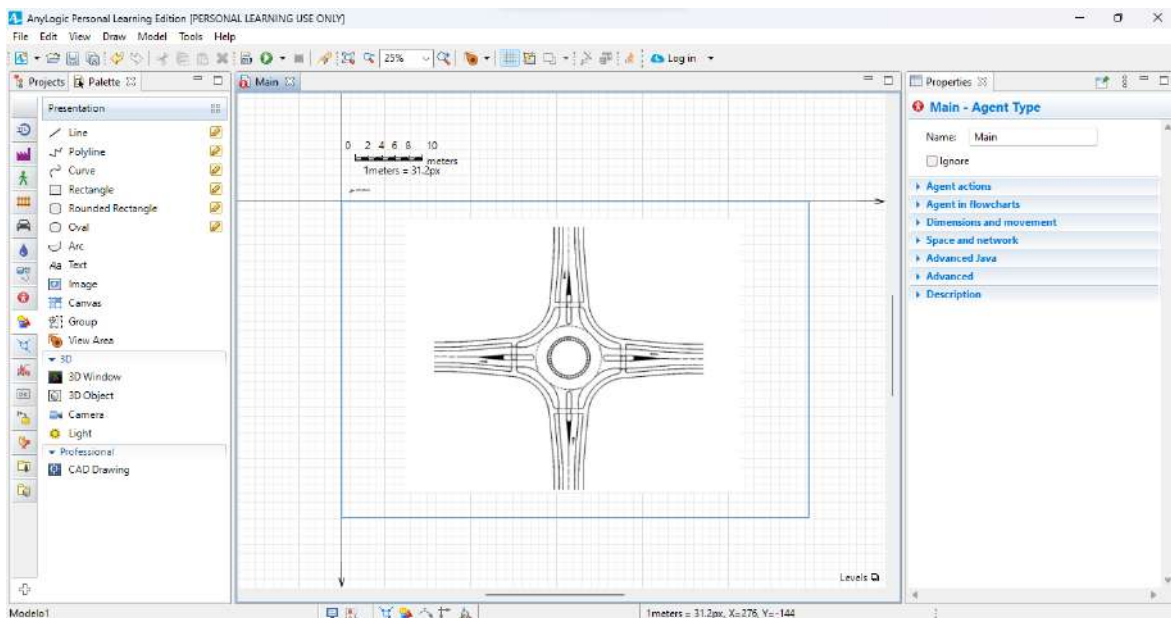


Ilustración 19

III. Es necesario ajustar la escala para que la modelación sea lo más realista posible, para este paso vamos a seleccionar la regla de escala y colocamos medidas reales. Para este ejemplo hipotético de una rotonda vamos a colocar una medida de veinte metros para el diámetro interno de la misma.

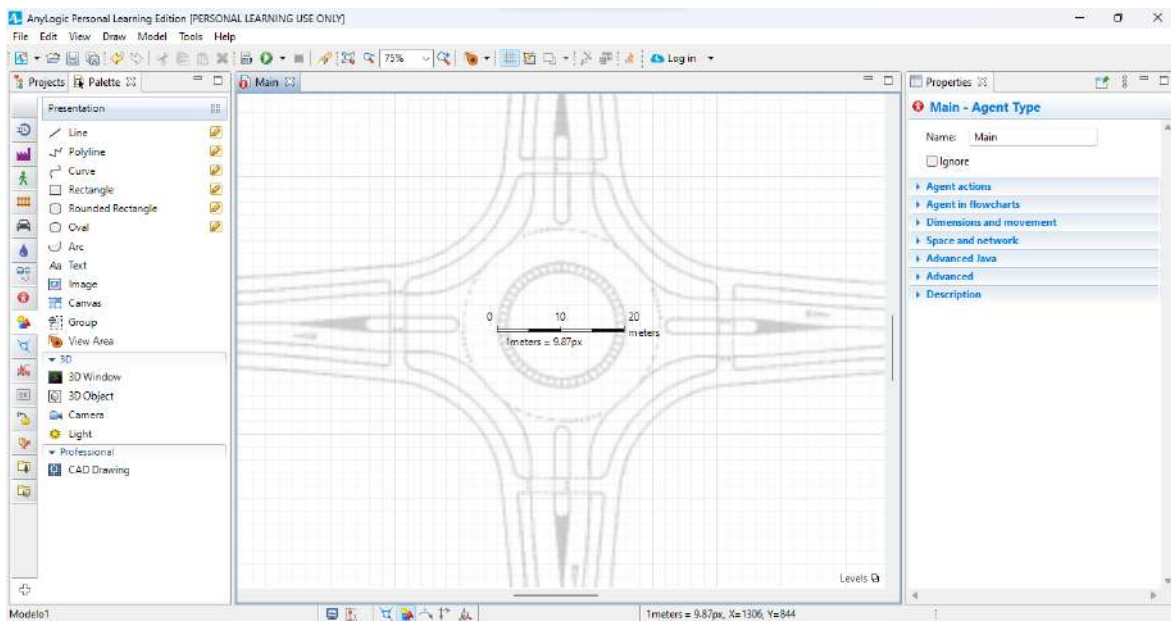


Ilustración 20

IV. Cuando ya tenemos la imagen y la escala modificadas procedemos a bloquear la imagen para poder empezar a modelar el sistema vial.

Para este ejemplo vamos a tomar las mismas especificaciones que la imagen para su fácil desarrollo.

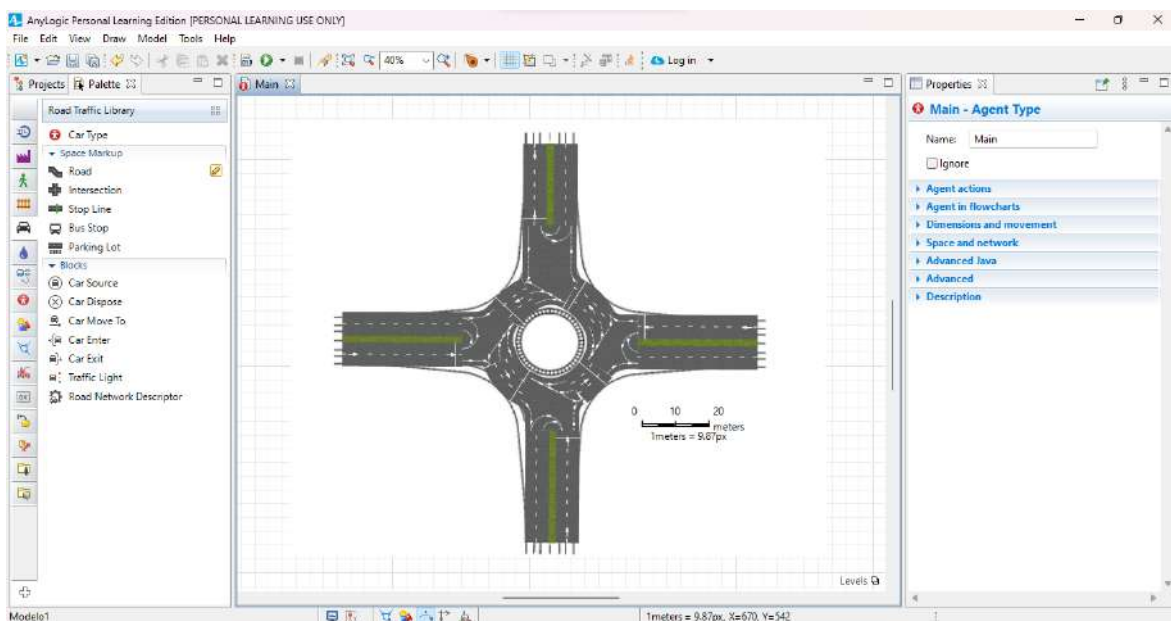


Ilustración 21

- V. Para este modelo necesitamos cuatro avenidas que convergen en un mismo punto, en cada uno de esos cuatro puntos donde conecta el redondel se debe colocar una intersección y calles que funcionen como enlaces entre cada intercambiador.
- VI. Es importante editar los giros posibles dentro de cada intersección para que la simulación trabaje correctamente, tomar en cuenta las “Stop Lines” que se generan automáticamente para cada intersección en caso de no ser necesarias se aconseja eliminarlas del sistema para evitar confusiones. Para que el sistema no tome en cuenta dichas líneas de pare se debe seleccionar el campo de ignorar y se vuelven transparentes.

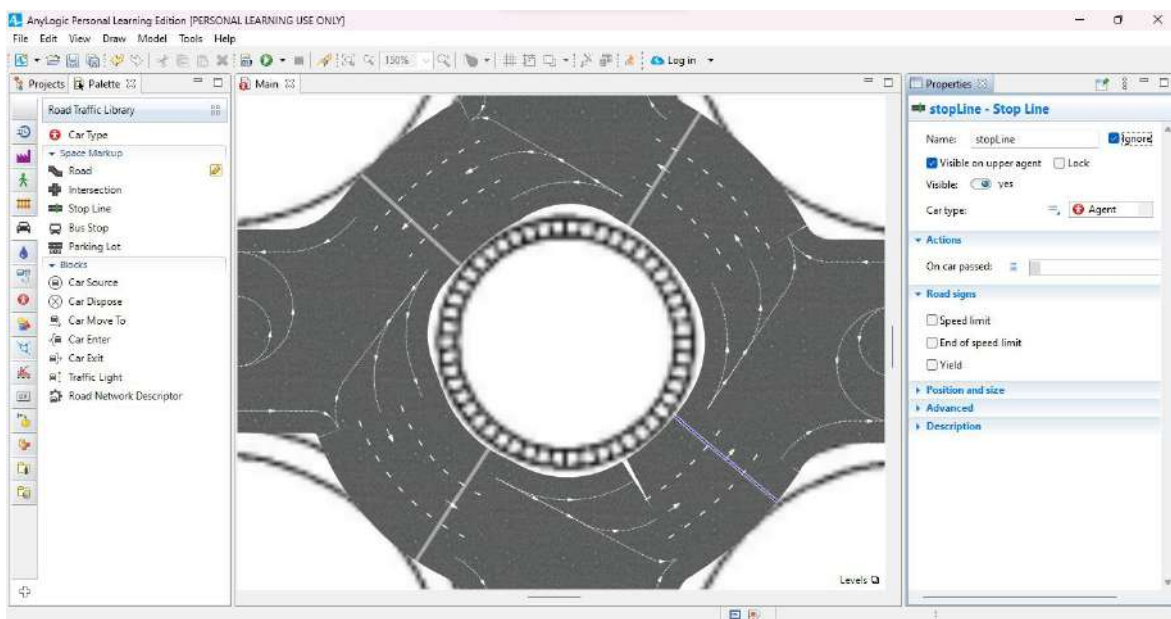


Ilustración 22

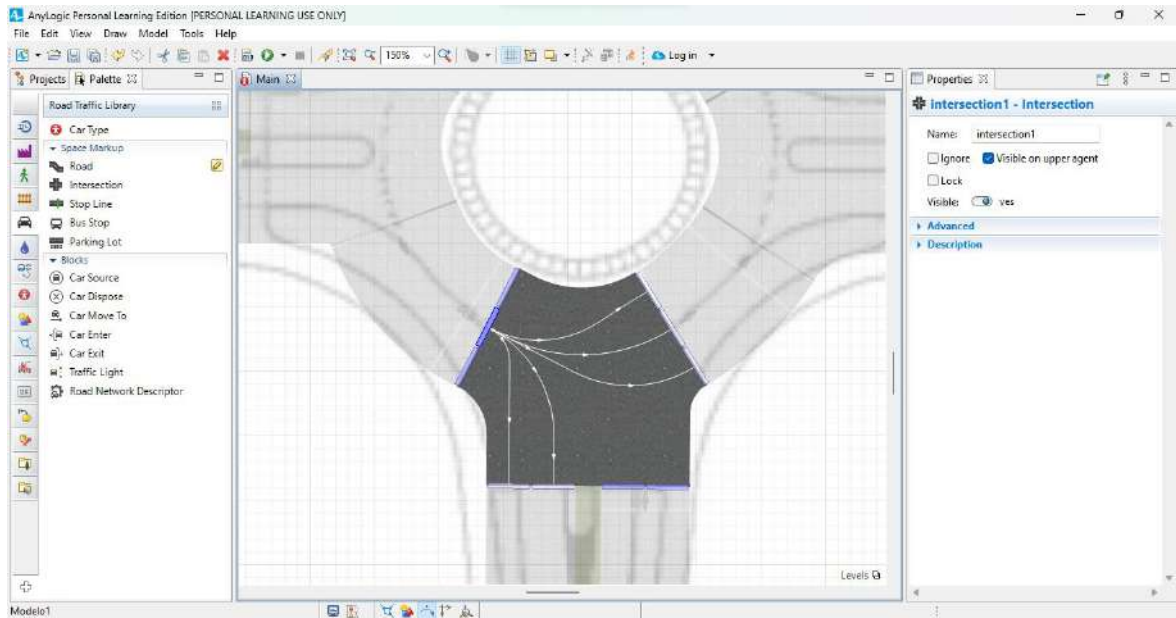


Ilustración 23

VII. Se debe seleccionar cada bloque de intersección para poder editar las líneas de flujos y determinar a la dirección de cada carril.

VIII. Para generar un bloque de flujo se necesita determinar primero como va a funcionar la red vial, para este ejemplo vamos a determinar los siguientes flujos:

- a) Avenida Arriba (izquierda, abajo, derecha y retorno).
- b) Avenida Abajo (derecho, arriba, izquierda y retorno).
- c) Avenida Derecha (arriba, izquierda, abajo y retorno).
- d) Avenida Izquierda (abajo, derecha, arriba y retorno).

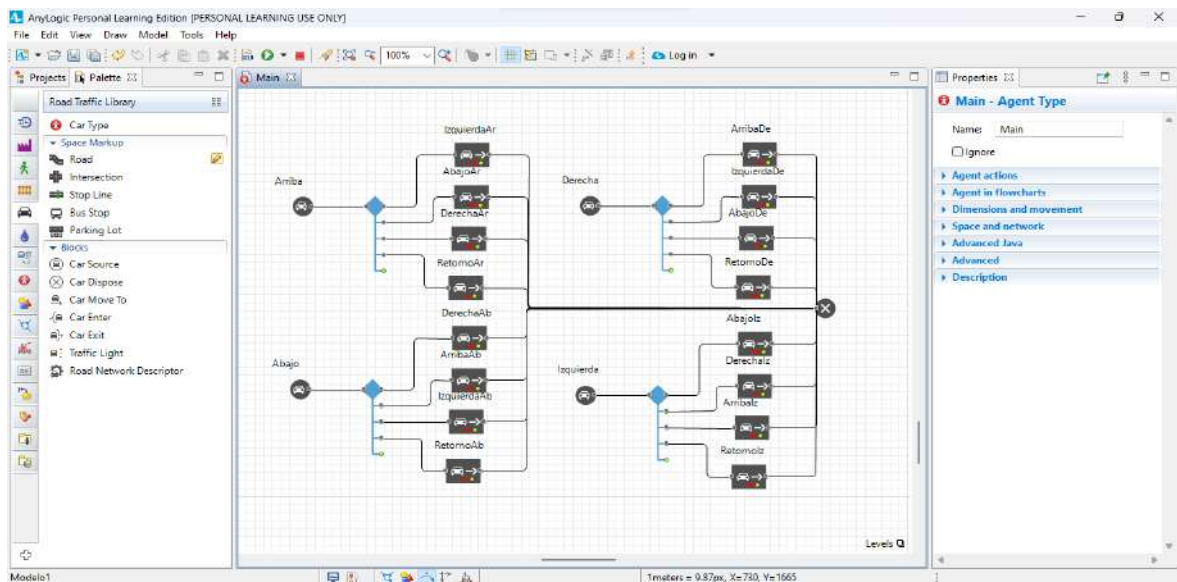


Ilustración 24



Ilustración 25

- IX. En el siguiente paso, vamos a diseñar un semáforo y darle un mayor orden a la red vial. Para el diseño de semáforo podemos escoger entre:
- Semáforo en intersección (líneas de pare).
  - Semáforo en intersección (conectores del flujo).
  - Semáforo en líneas de pare puntuales.
- X. Para editar seleccionas el icono “traffic light” y determinas el tiempo en segundo de los ciclos (verde, amarillo y rojo). En este ejemplo vamos a trabajar con líneas de pare puntuales (opción c).

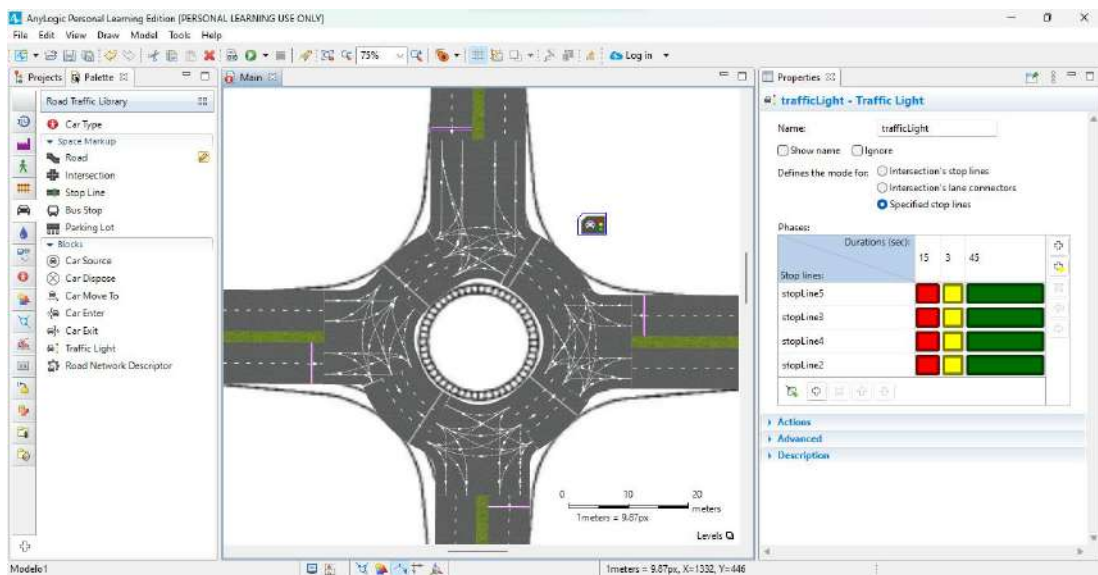


Ilustración 26

XI. Para este ejemplo definimos los siguientes parámetros:

- a) Arriba (15 seg. Rojo, 3 seg. Amarillo, 45 seg. Verde).
- b) Abajo (15 seg. Rojo, 3 seg. Amarillo, 45 seg. Verde).
- c) Derecha (15 seg. Rojo, 3 seg. Amarillo, 45 seg. Verde).
- d) Izquierda (15 seg. Rojo, 3 seg. Amarillo, 45 seg. Verde).

XII. Por último, vamos a utilizar un icono llamado “Road Network Descriptor”, este elemento nos va ayudar para trazar un mapa de densidad dentro del modelo. Se selecciona una velocidad mínima (10 km/h) y una velocidad máxima (60 km/h) para que se pueda visualizar la congestión vehicular.

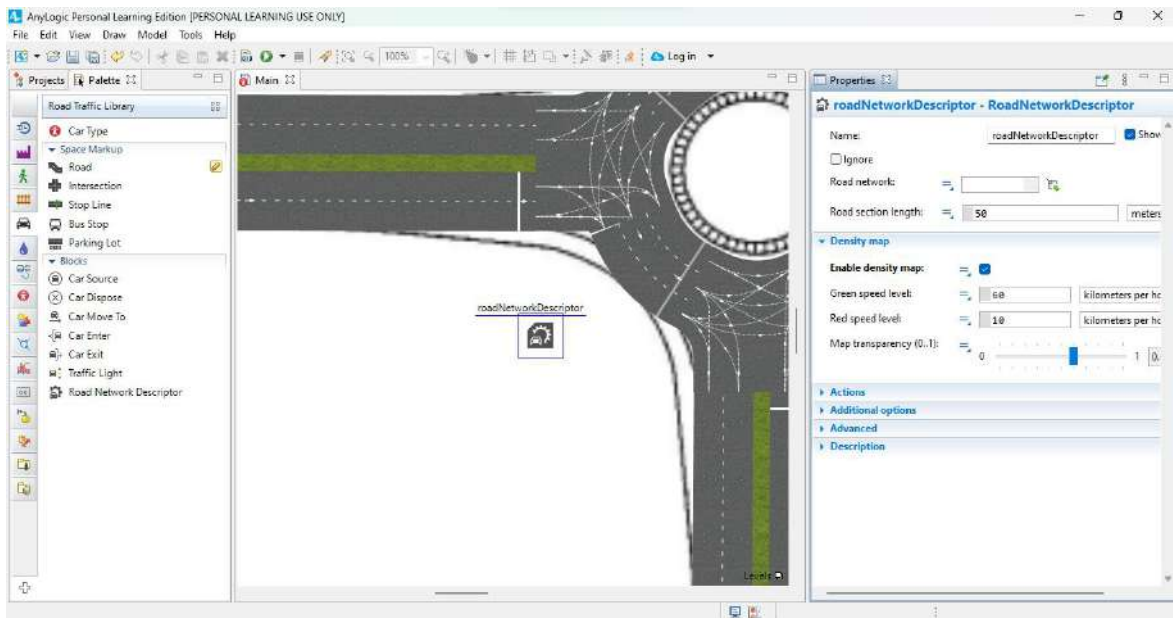


Ilustración 27



Ilustración 28

## 5.4 Modelación de un estacionamiento

- I. Para empezar con esta modelación debemos crear un ejemplo hipotético.
- II. El modelo que vamos a crear será una calle principal que alimente a 3 calles secundarias con 3 direcciones diferentes y con 3 estacionamientos

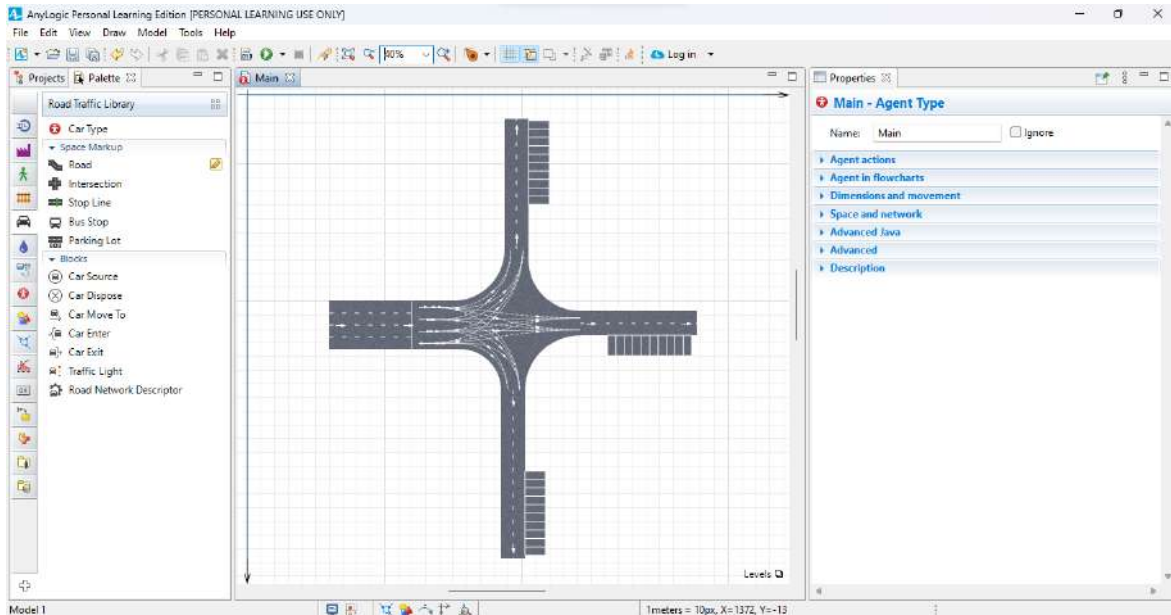


Ilustración 29

independientes.

- III. La modelación que vamos a crear tendrá las siguientes características:
  - a. Izquierda, vía principal (4 carriles).
  - b. Arriba, vía secundaria (2 carriles) (10 estacionamientos).
  - c. Derecha, vía secundaria (2 carriles) (10 estacionamientos).
  - d. Abajo, vía secundaria (2 carriles) (10 estacionamientos).

## Parking Lot

Graphically defines a parking lot at the side of a road. To model a car movement to the parking lot, use the `CarMoveTo` block. To make a car stay at the parking lot for some time, use the `Delay` block from Process Modeling Library.

[Open Help Article \(F1\)](#) [Open simple demo](#)

Ilustración 30

IV. Para generar los flujos de tráfico vamos a colocarlos de la siguiente forma:

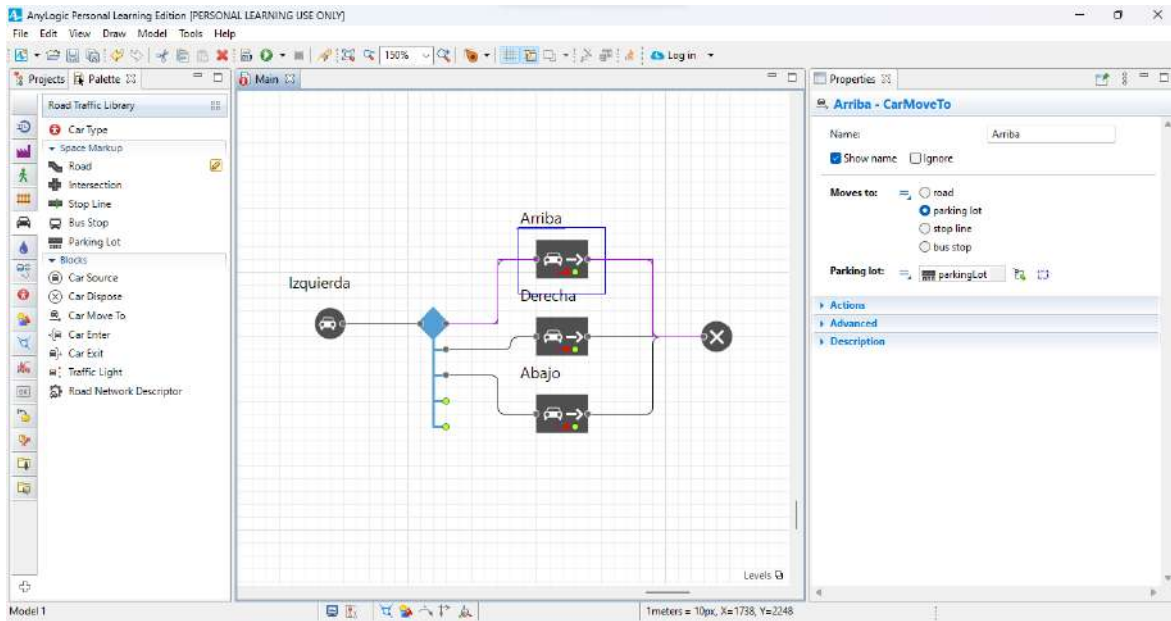


Ilustración 31

V. Después de editar la probabilidad y verificar que los flujos funcionen correctamente procedemos a simular.



Ilustración 32

VI. Para comprobar que funcione correctamente podemos verificar en los flujos.

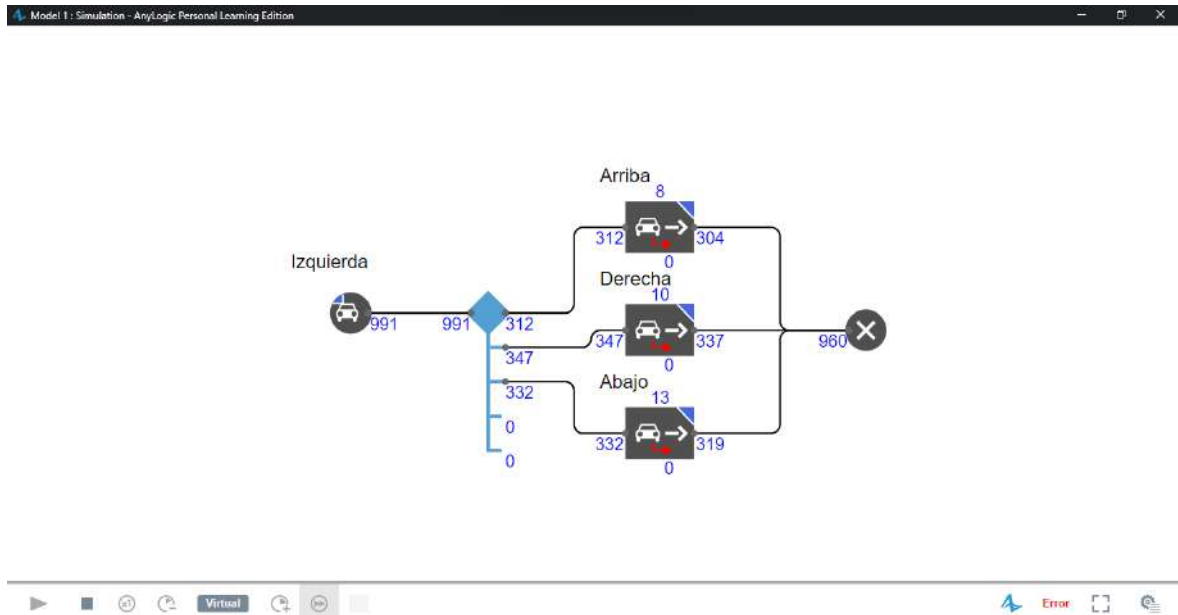


Ilustración 33

## 6 Aplicación del software anylogic en el caso estudio

### 6.1 Línea Base “Intercambiador del condado shopping” (estado actual 2023)

Para la modelación del estado actual del intercambiador del condado shopping se realizó el siguiente esquema, respetando la escala real.

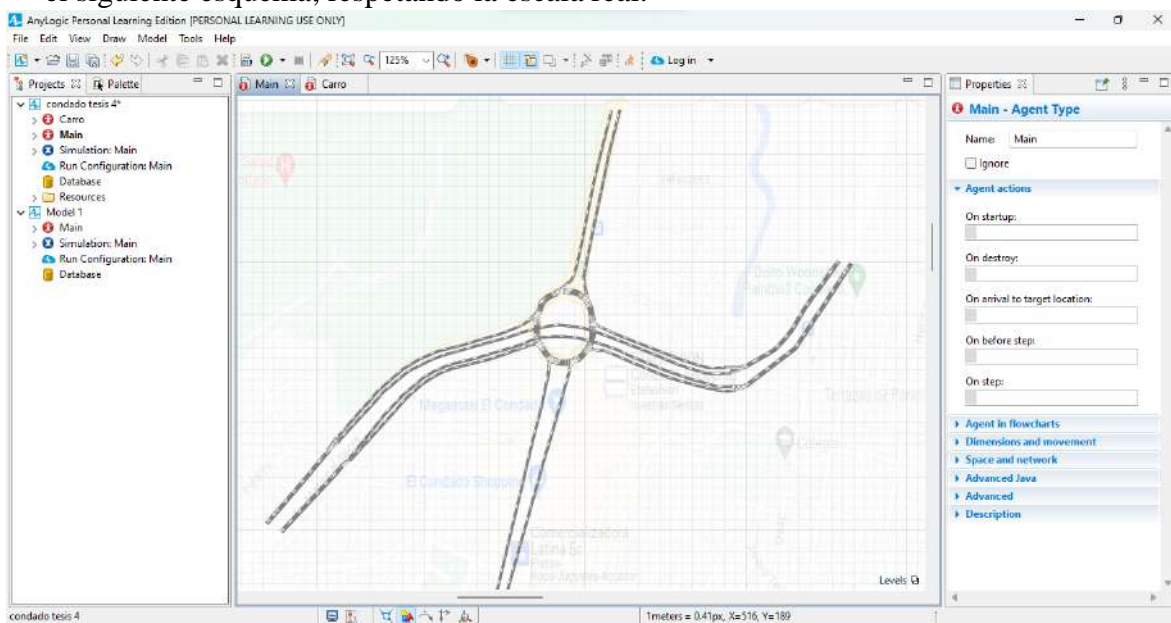
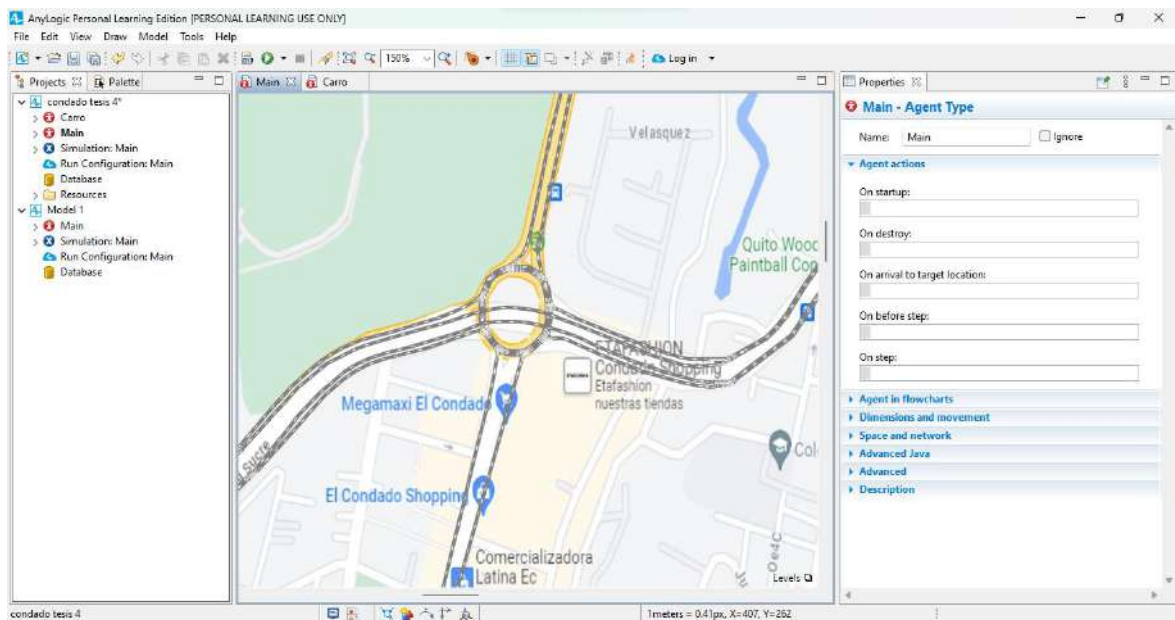


Ilustración 34

Las características del intercambiador son las siguientes:

- Un redondel con ocho puntos de conflicto.
  - I. Ingreso Norte.
  - II. Salida Norte.
  - III. Ingreso Este.
  - IV. Salida Este.
  - V. Ingreso Oeste.
  - VI. Salida Oeste.
  - VII. Ingreso Sur.
  - VIII. Salida Sur.
- Paso a desnivel (deprimido de 4,20m de profundidad)
  - I. Vía 2 carriles sentido este – oeste.
  - II. Vía 2 carriles sentido oeste – este.



*Ilustración 35*

Se debe ajustar el modelo a escala real basándonos en una imagen satelital, al realizar este paso nos brinda mayor precisión en el análisis de los datos obtenidos.

Para el diagrama de flujos creamos todas las posibilidades en cualquier dirección.

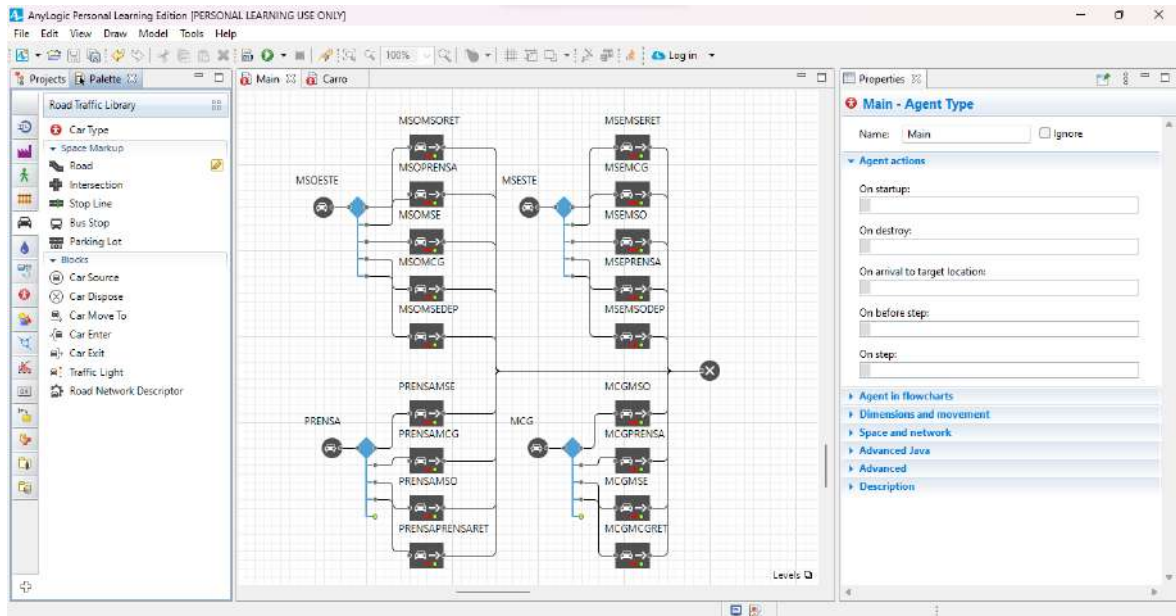


Ilustración 36

Para una mayor comprensión voy a desglosar el cuadro anterior y explicar cada ítem.

I. Mariscal Sucre Oeste, MS.OESTE “(MSOESTE)”

- a. Desde la avenida mariscal sucre sentido oeste-este, ingresa al redondel y retorna por la misma mariscal sucre sentido este-oeste. MSO.MSO.RET “(MSOMSORET)”
- b. Desde la avenida mariscal sucre sentido oeste-este, ingresa al redondel y toma la derecha hacia la avenida de la prensa. MSO.PRENSA “(MSOPRENSA)”
- c. Desde la avenida mariscal sucre sentido oeste-este, ingresa al redondel y toma la misma mariscal sucre sentido oeste-este. MSO.MSE “(MSOMSE)”
- d. Desde la avenida mariscal-sucre sentido oeste-este, ingresa al redondel y toma la avenida Manuel Córdova Galarza. MSO.MCG “(MSOMCG)”
- e. Desde la avenida mariscal sucre sentido oeste-este, no ingresa al redondel sino toma el paso deprimido y sale hacia la avenida mariscal sucre sentido oeste-este. MSO.MSE.DEP “(MSOMSEDEP)”

II. Mariscal Sucre Este, MS.ESTE “(MSESTE)”

- a. Desde la avenida mariscal sucre sentido este-oeste, ingresa al redondel y retorna por la misma mariscal sucre sentido oeste-este. MSE.MSE.RET “(MSEMSERET)”
- b. Desde la avenida mariscal sucre sentido este-oeste, ingresa al redondel y toma la derecha hacia la avenida Manuel Córdova Galarza. MSE.MCG “(MSTMCG)”
- c. Desde la avenida mariscal sucre sentido este-oeste, ingresa al redondel y toma la misma mariscal sucre sentido este-oeste. MSE.MSO “(MSEMSO)”
- d. Desde la avenida mariscal sucre sentido este-oeste, ingresa al redondel y toma avenida de la Prensa. MSE.PRENSA “(MSEPRENSA)”
- e. Desde la avenida mariscal sucre sentido este-oeste, no ingresa al redondel sino toma el paso deprimido y sale hacia la avenida mariscal sucre sentido este-oeste. MSE.MSO.DEP “(MSEMSODEP)”

### III. Prensa, PRENSA

- a. Desde la avenida de la prensa, ingresa al redondel y toma la derecha hacia la avenida Mariscal Sucre este. PRENSA.MSE “(PRENSAMSE)”
- b. Desde la avenida de la Prensa, ingresa al redondel y toma la avenida Manuel Córdova Galarza. PRENSA.MCG “(PRENSAMCG)”
- c. Desde la avenida de la Prensa, ingresa al redondel y toma la avenida Mariscal Sucre oeste. PRENSA.MSO “(PRENSAMSO)”
- d. Desde la avenida de la Prensa, ingresa al redondel y retorna por la misma avenida de la prensa. PRENSA.PRENSA.RET “(PRENSAPRENSARET)”

### IV. Manuel Córdova Galarza, MCG

- a. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa al redondel y toma la derecha hacia la avenida Mariscal Sucre oeste. MCG.MSO “(MCGMSO)”
- b. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa al redondel y toma la avenida de la Prensa. MCG.PRENSA “(MCG.PRENSA)”
- c. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa al redondel y toma la avenida Mariscal Sucre este. MCG.MSE “(MCGMSE)”

- d. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa al redondel y retorna por la misma avenida Manuel Córdova Galarza MCG.MCG.RET “(MCGMCGRET)”

Tomar en cuenta que se puede modificar la probabilidad de cada ramificación, por ejemplo, para la avenida Manuel Córdova Galarza tiene 4 posibles opciones vamos a colocar  $\frac{1}{4}$ , 25% en cada ramificación.

Ejecutamos la simulación, para poder visualizar las zonas problemáticas.

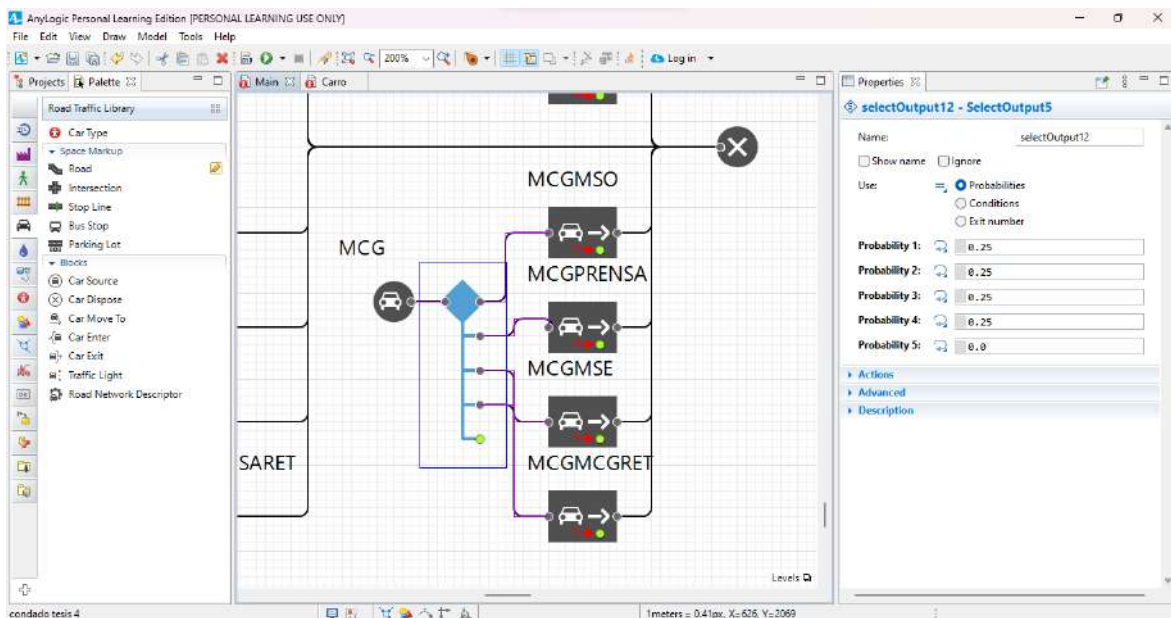


Ilustración 37

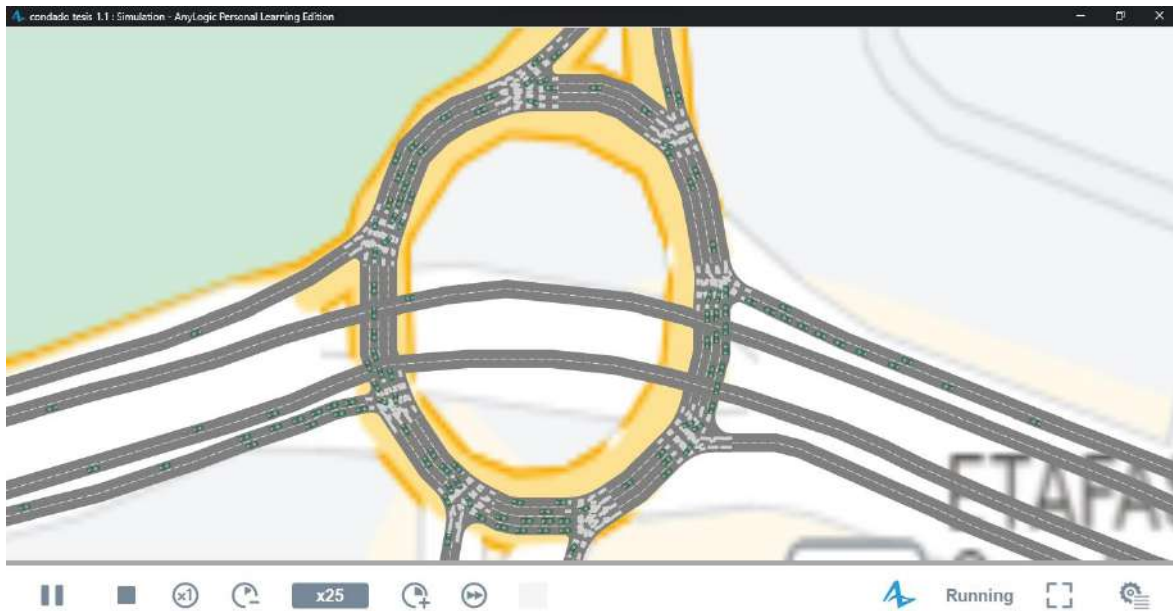


Ilustración 38

Si colocamos la herramienta de Road Network Descriptor.

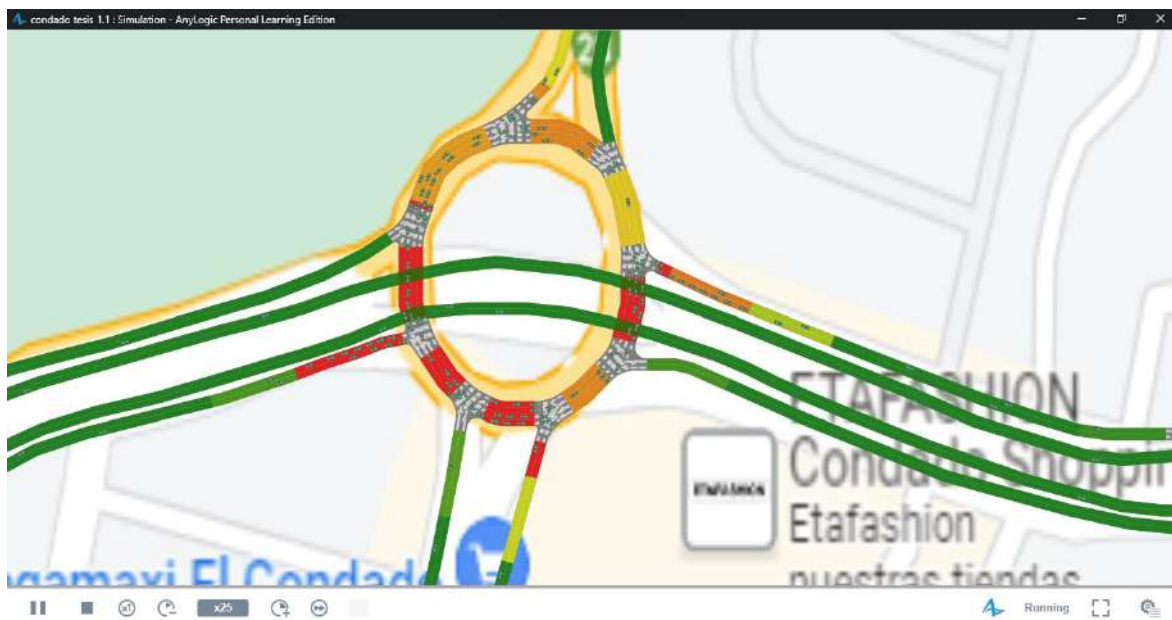


Ilustración 39



Ilustración 40

Se llega a la conclusión que en promedio un auto necesita 309,97 segundos para ingresar y salir del redondel, esto quiere decir que toma alrededor de 5 minutos cruzar este intercambiador en promedio existen autos que lo hacen en menor tiempo y autos que lo hacen en mayor tiempo.

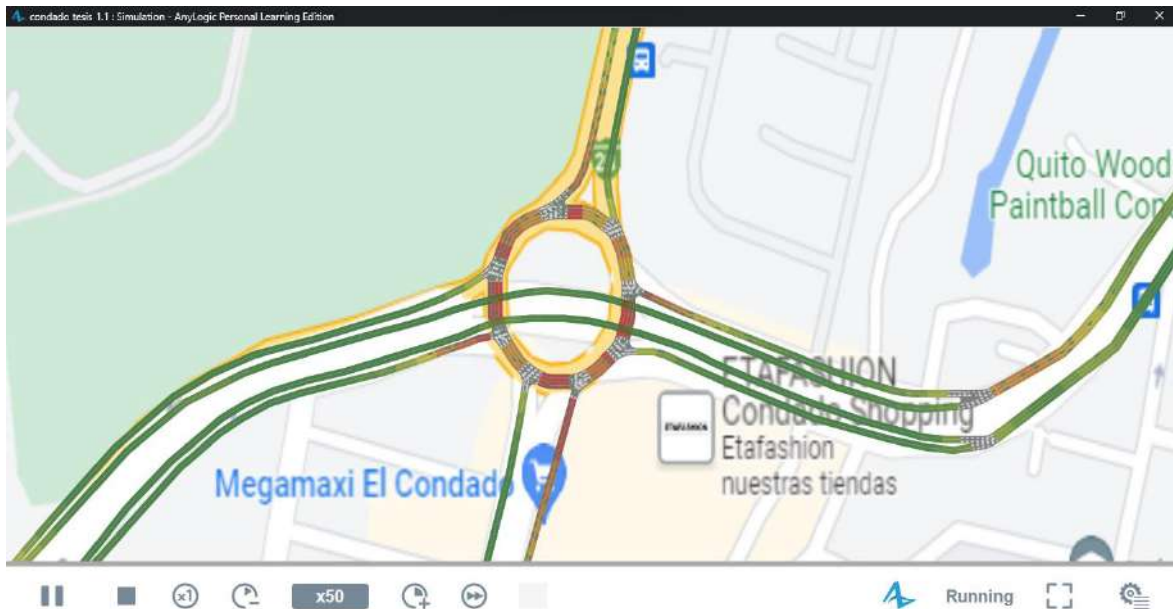


Ilustración 41

Para esta simulación no se tomó en cuenta los 8 semáforos que existen.

- I. Ingreso Norte.
- II. Salida Norte.
- III. Ingreso Este.
- IV. Salida Este.

- V. Ingreso Oeste.
- VI. Salida Oeste.
- VII. Ingreso Sur.
- VIII. Salida Sur.

Tomando en cuenta estos 8 semáforos. El tiempo dado es 3 ciclos (rojo 10seg, amarillo 3seg, 45seg).

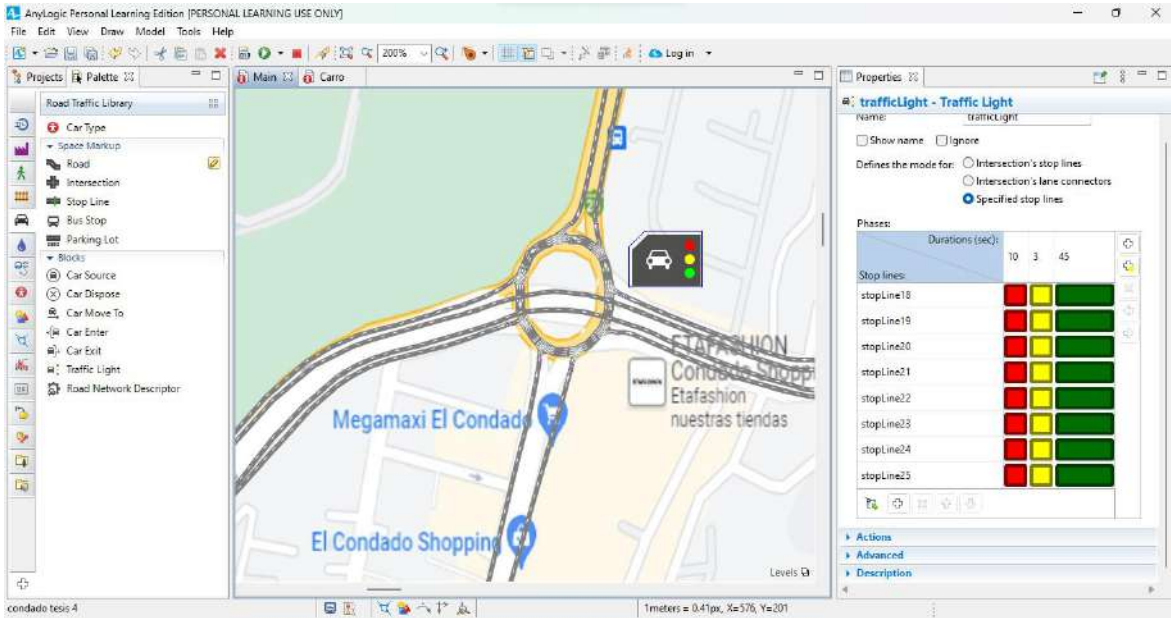


Ilustración 42

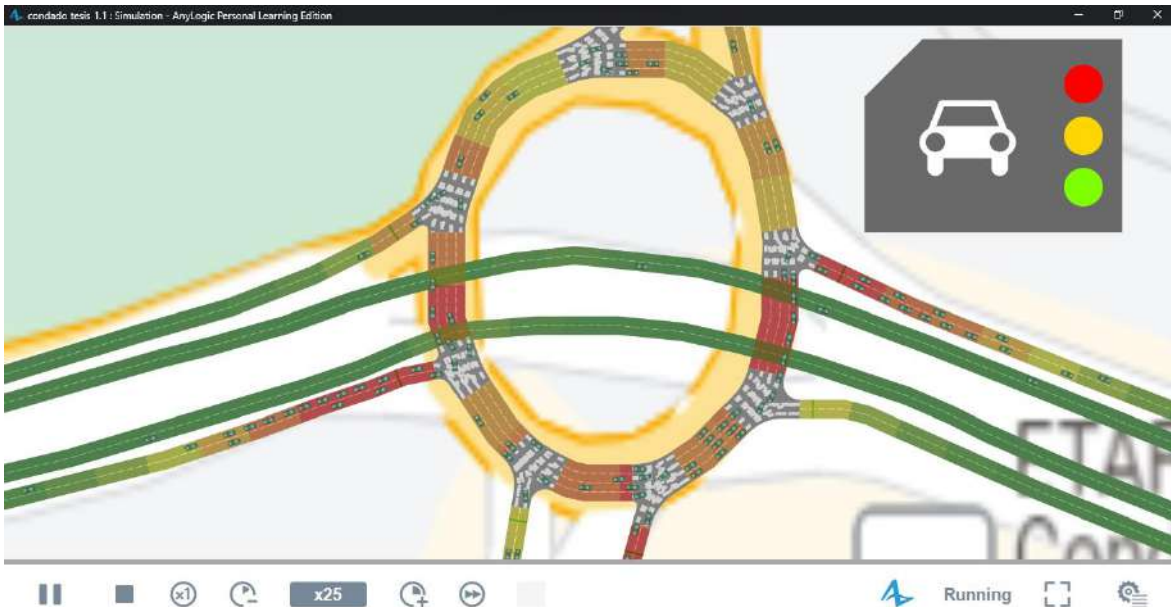


Ilustración 43



Ilustración 44

Los resultados fueron mejor ya que con semáforos el tiempo promedio bajo a 230,41 segundos alrededor de 4 minutos por ende bajamos 1 minuto el tiempo de circulación de un auto promedio dentro del intercambiador.

## 6.2 Diseño propuesto para mitigar el congestionamiento.

Para el nuevo modelo vamos a realizar paso a paso como se realiza la configuración de la simulación.

- I. Para poder cuantificar el tiempo debemos crear un agente, en este caso específico un agente (carro).

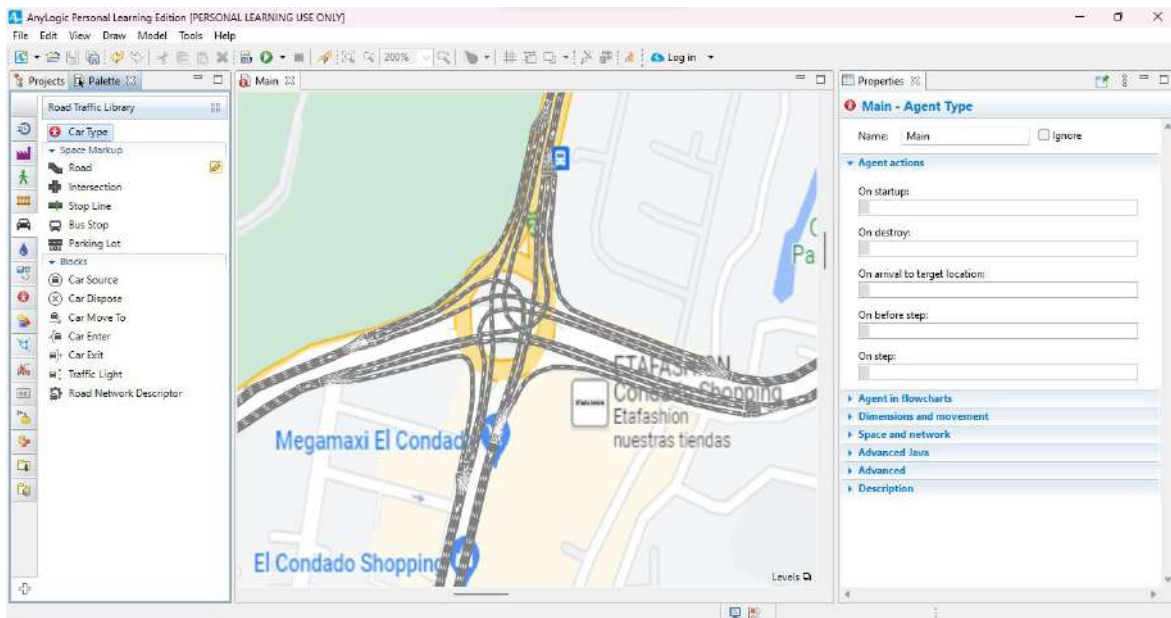


Ilustración 45

- II. Se da doble click en “Car Type” y se arrastre el icono hasta pantalla principal.

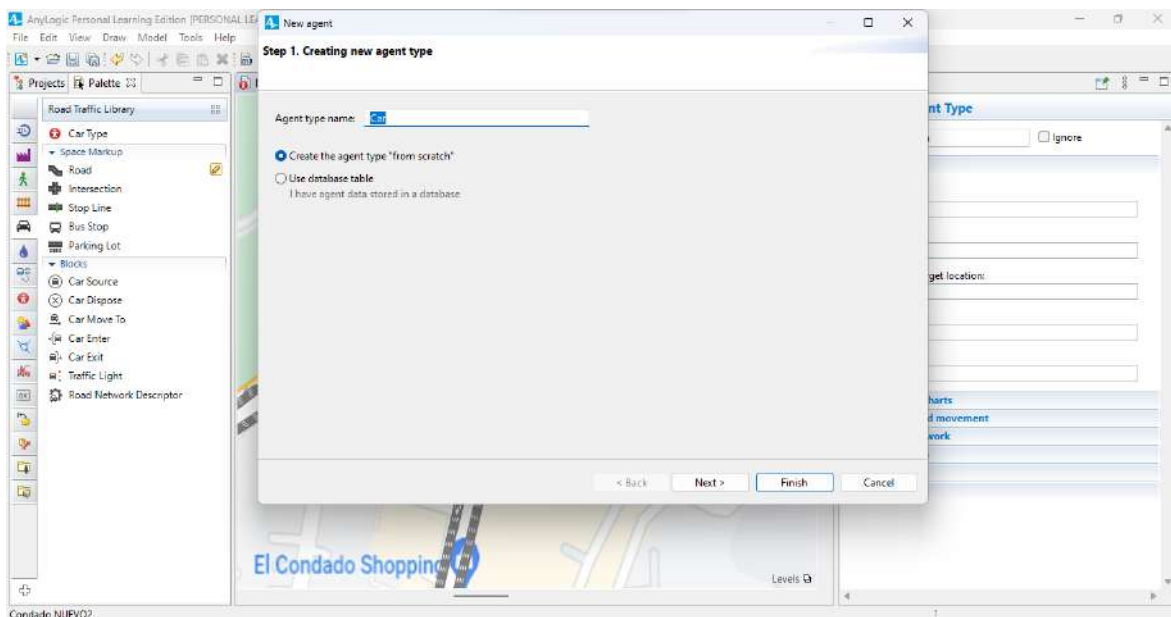


Ilustración 46

III. Se selecciona “from scratch” para empezar desde cero.

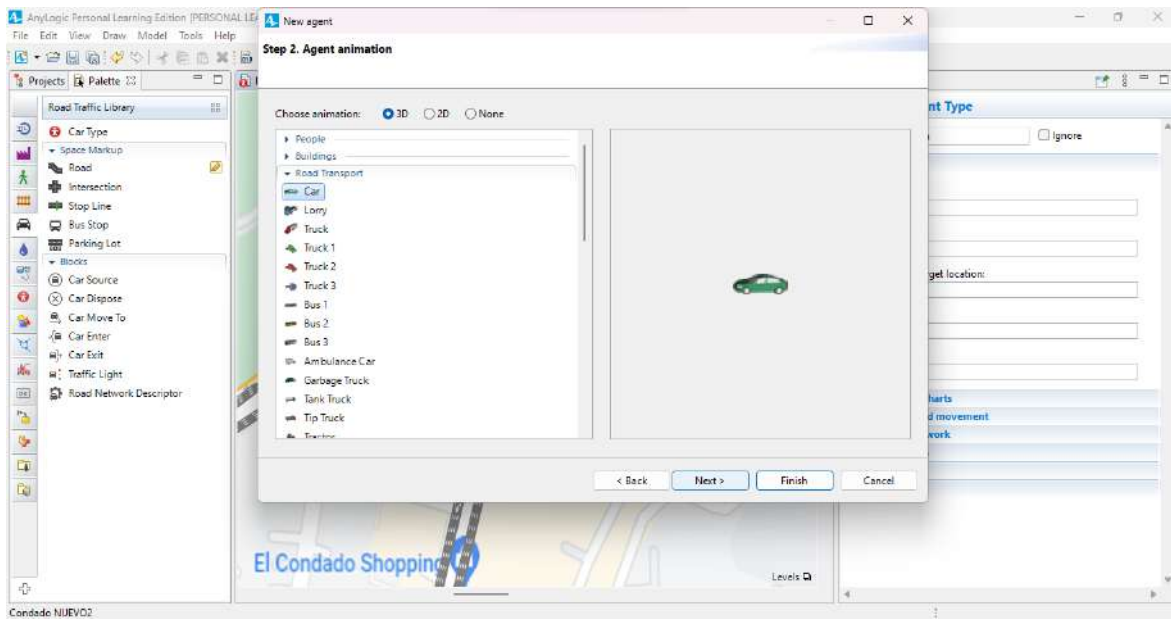


Ilustración 47

IV. Se selecciona un icono tipo para definir el vehículo liviano tipo que se va usar.

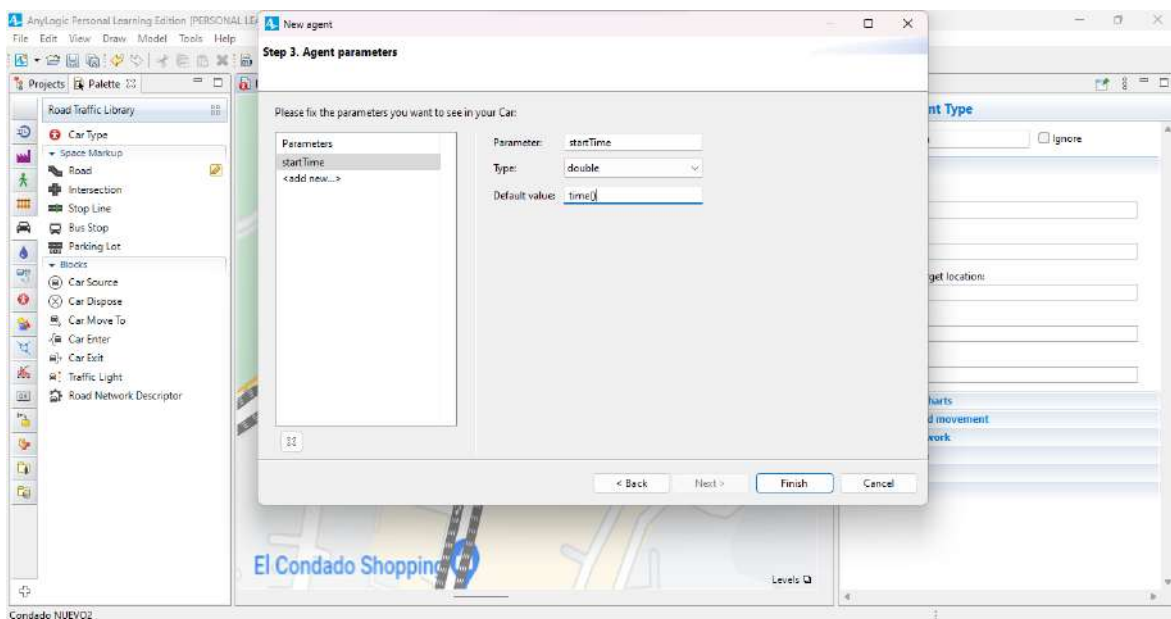


Ilustración 48

V. Se debe seleccionar “<add new...>”

- a. Parameter: Se debe escribir “startTime”
- b. Type: no se debe modificar, se mantiene en “double”
- c. Default value: Se debe escribir “time()”

## VI. Creación del carro modelo. (vehículo liviano).

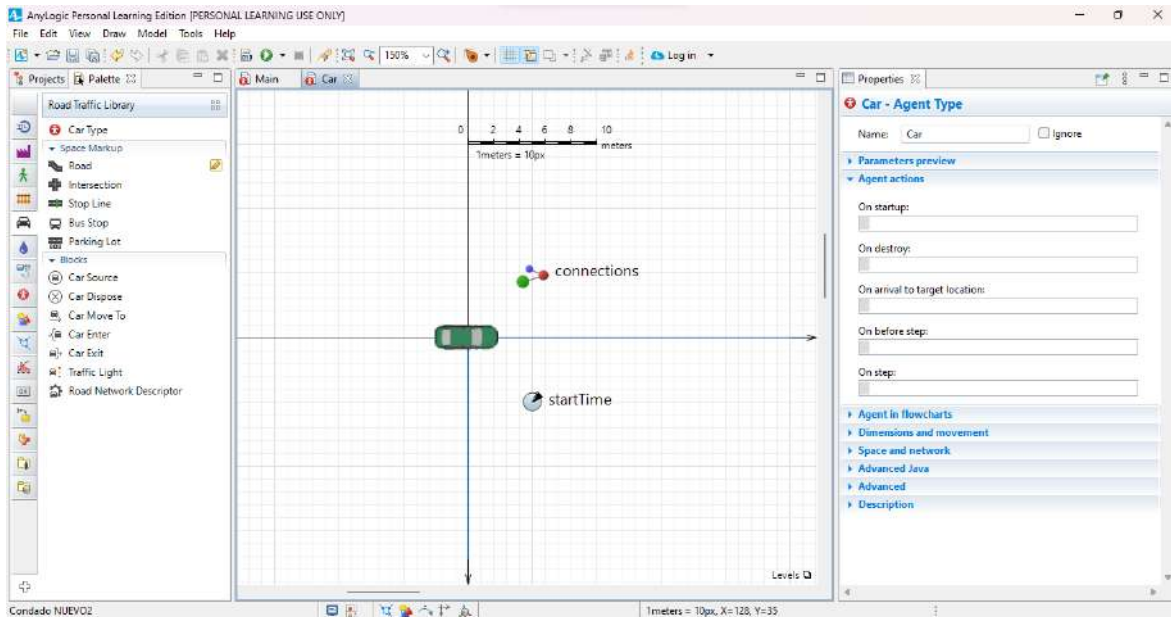


Ilustración 49

## VII. Para ingresar el auto creado en el modelo debemos crear un agente.

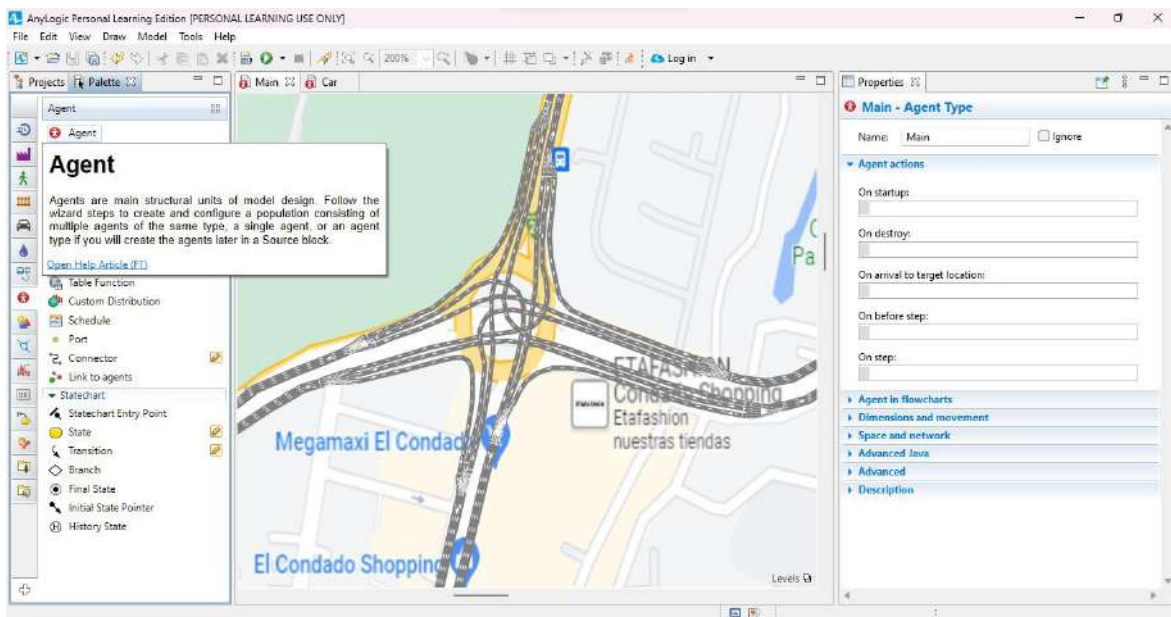


Ilustración 50

## VIII. Se debe seleccionar “Population of agents”

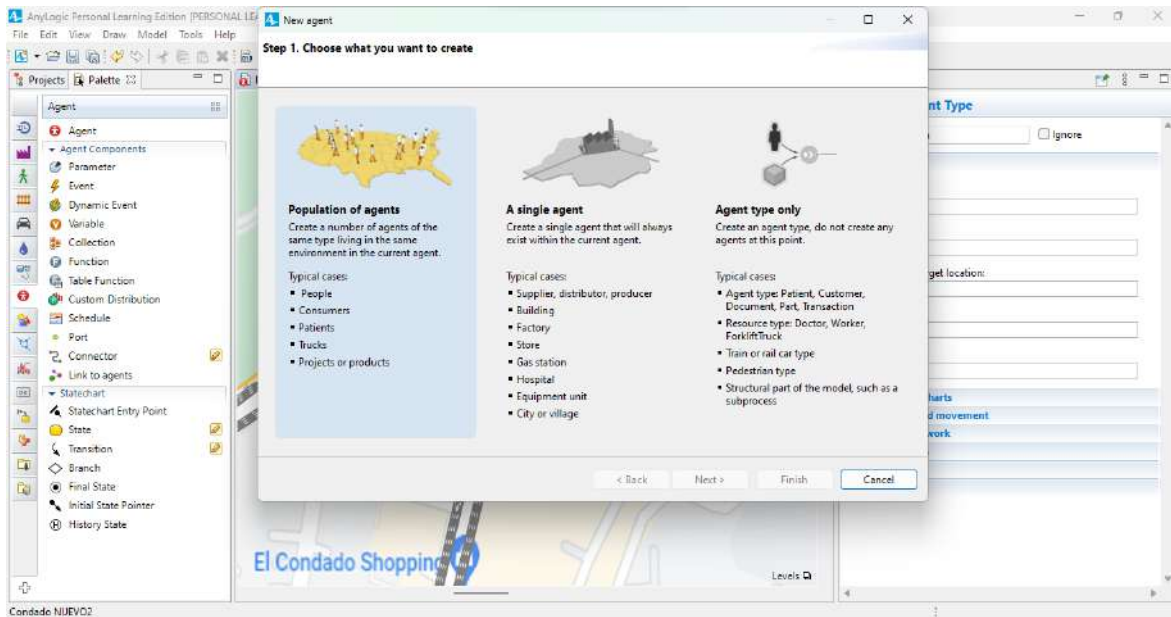


Ilustración 51

## IX. Se debe seleccionar “I want to use an existing agent type”

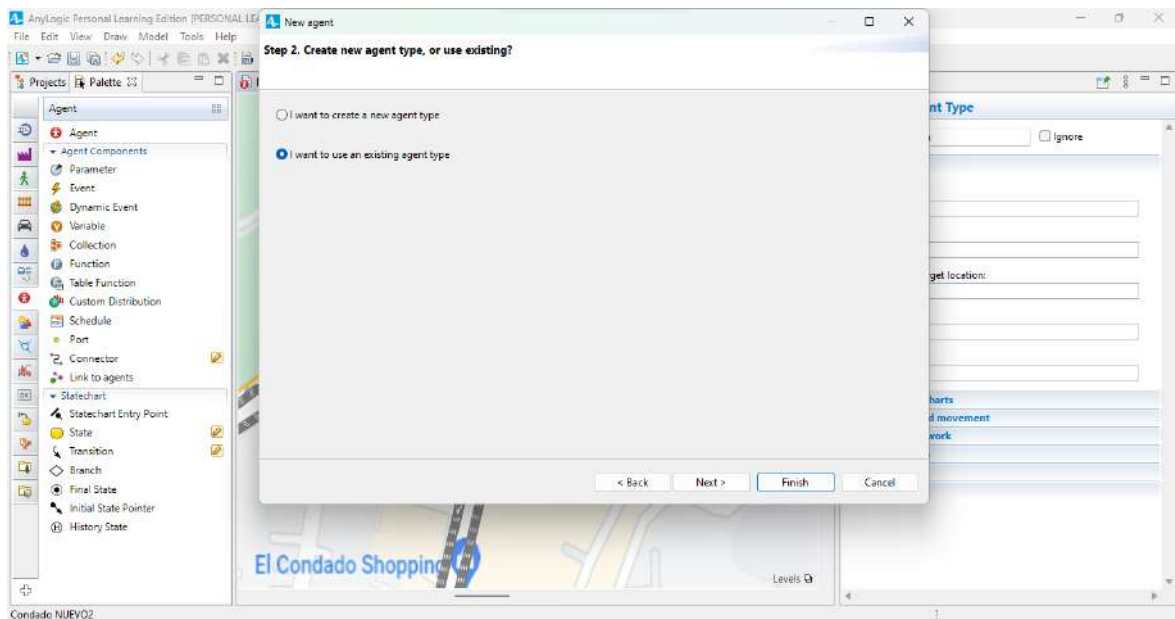


Ilustración 52

X. Se debe seleccionar el agente que creamos del carro.

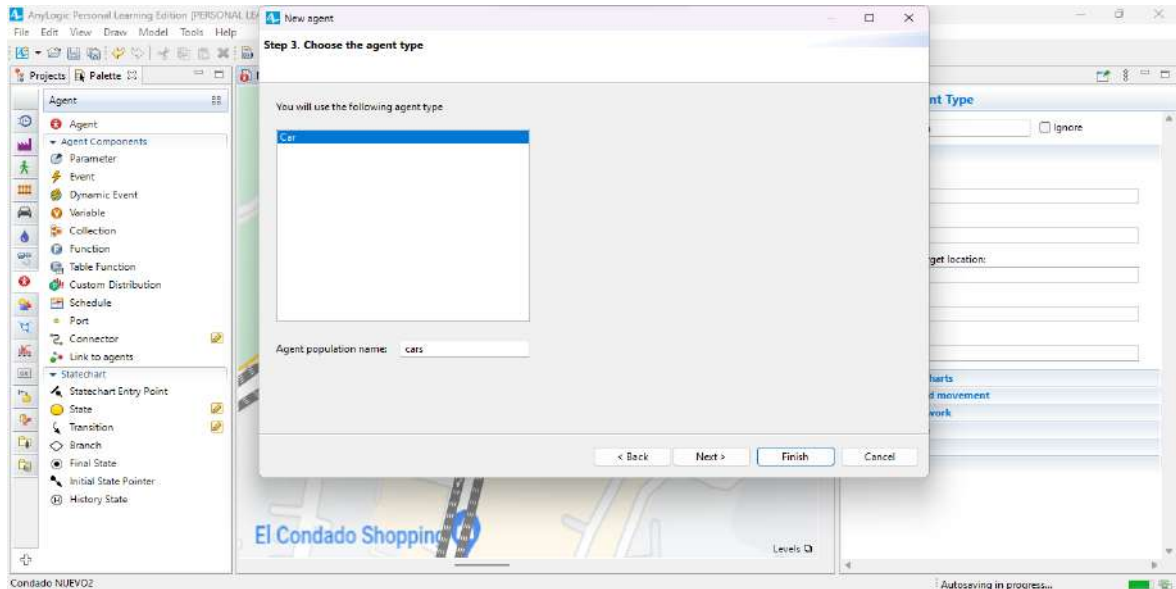


Ilustración 53

XI. Se debe seleccionar “dont use database”

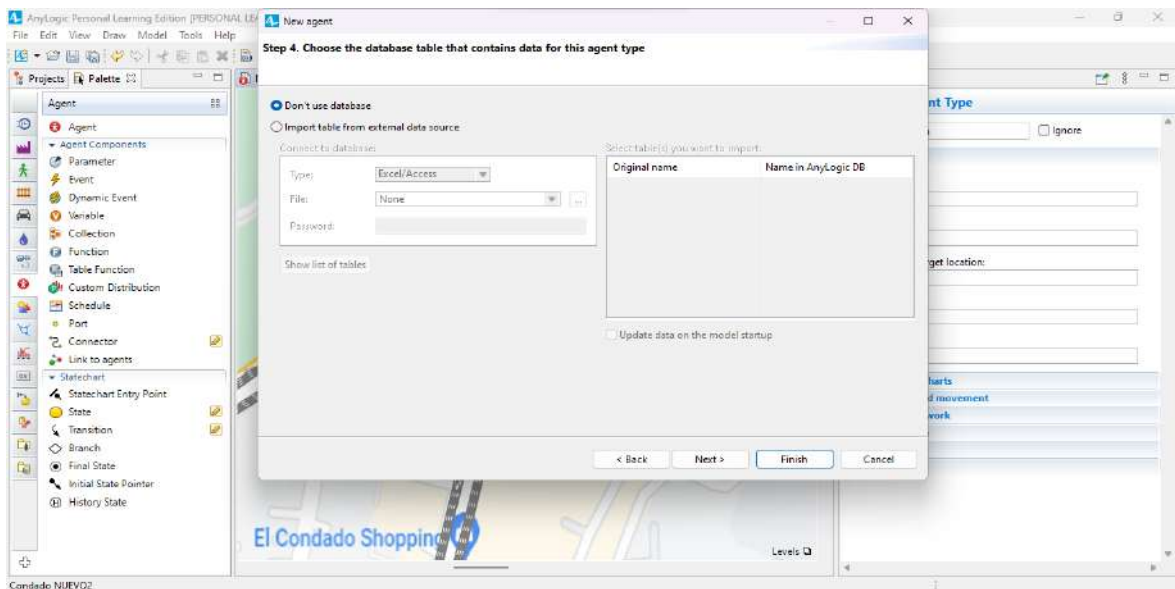


Ilustración 54

XII. En el siguiente paso se debe revisar que este el parámetro que creamos “startTime”.

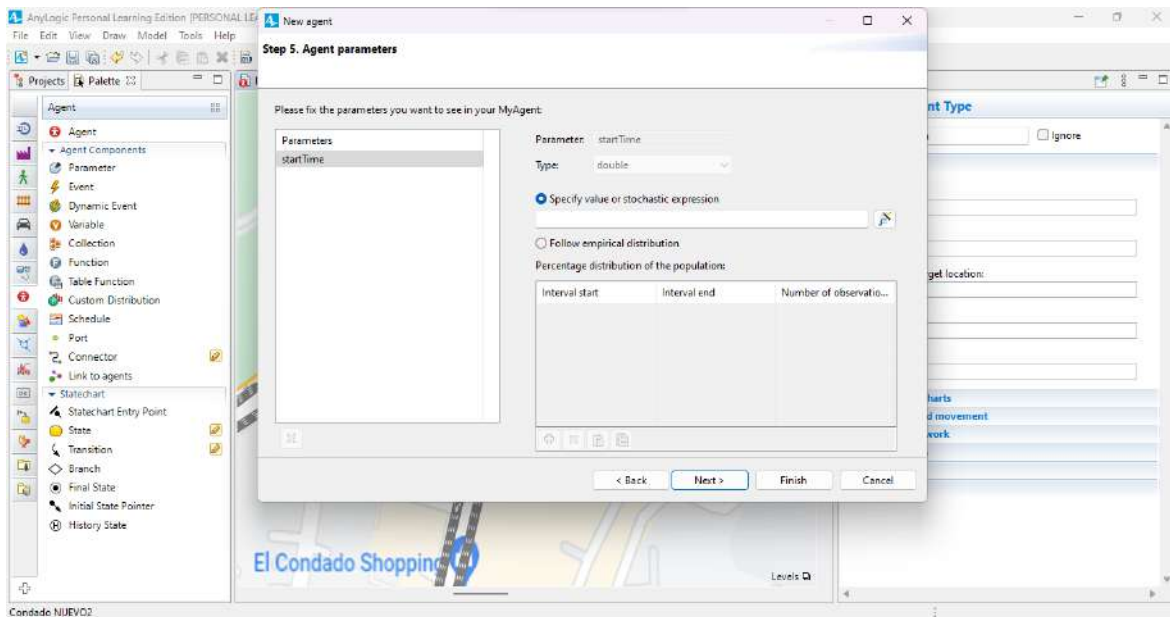


Ilustración 55

XIII. Se debe seleccionar la opción “create initially empty population, i will agents at the model runtime” de esta forma haremos correctamente el procedimiento para integrar el agente automóvil (vehículo liviano) en la simulación.

XIV. Se debe seleccionar “Finish”, todos los pasos anteriores son solo con “Next”.

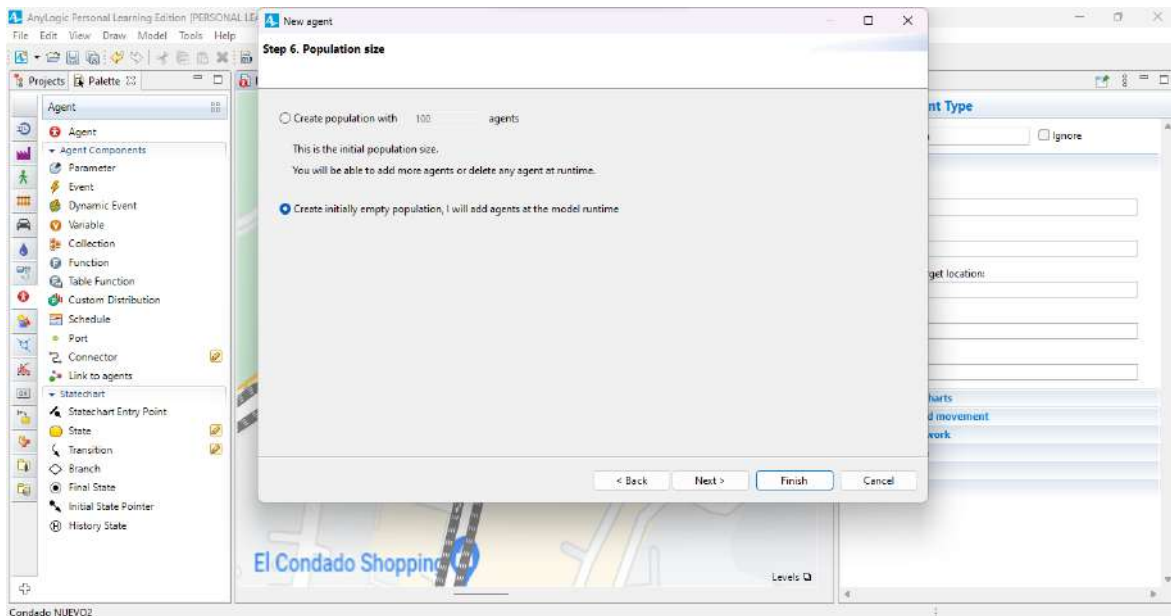


Ilustración 56

XV. El modelo tendrá un nuevo agente para la simulación

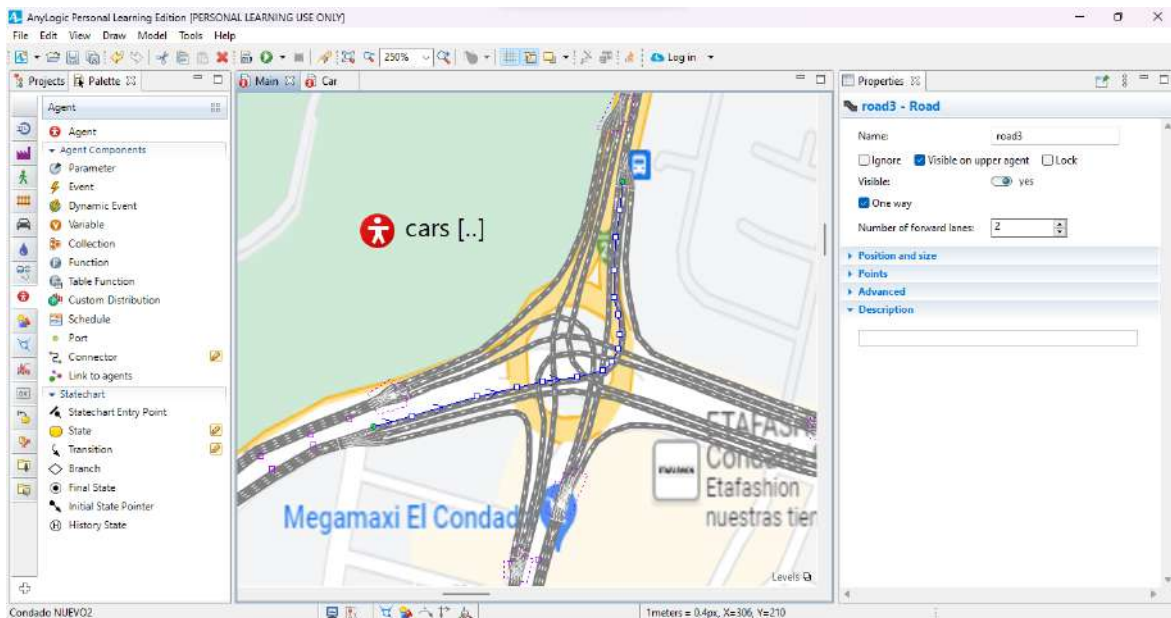


Ilustración 57

XVI. La simulación tendrá este aspecto previo a la configuración del agente.

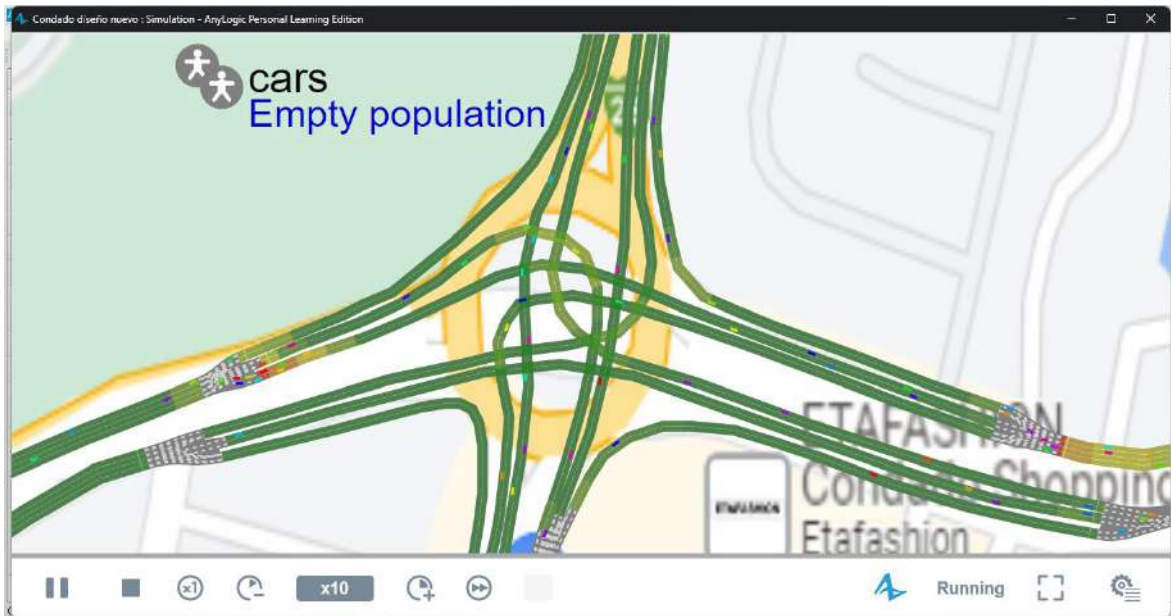


Ilustración 58

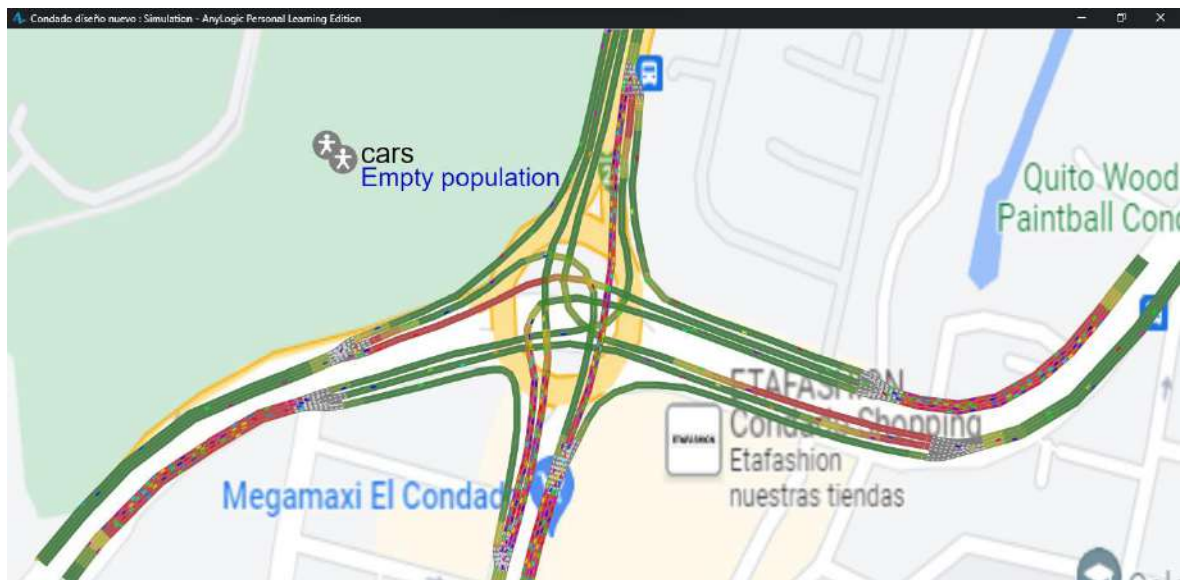


Ilustración 59

XVII. Se debe modificar los siguientes campos para poder integrar el agente “cars”.

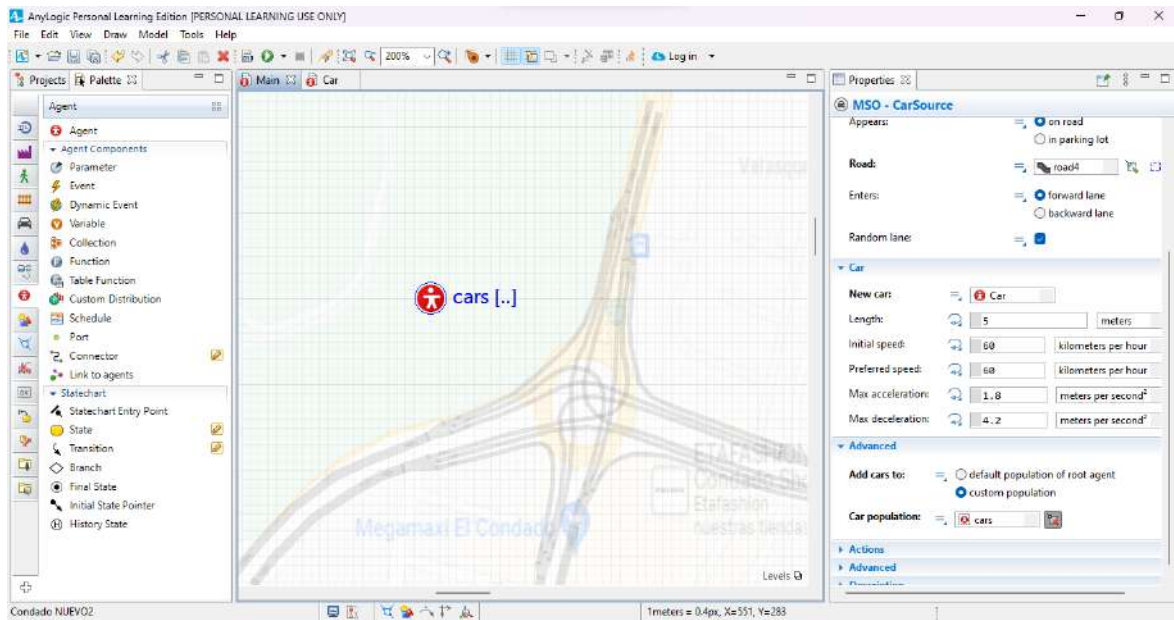


Ilustración 60

XVIII. En el campo donde dice “New Car” debemos cambiar de “agent” a “car”.

XIX. En el campo “Add cars to” debemos seleccionar custom population.

XX. En el campo “Car population” debemos seleccionar el icono rojo de cars.

XXI. Se puede modificar “length, initial speed, max acceleration, etc”.

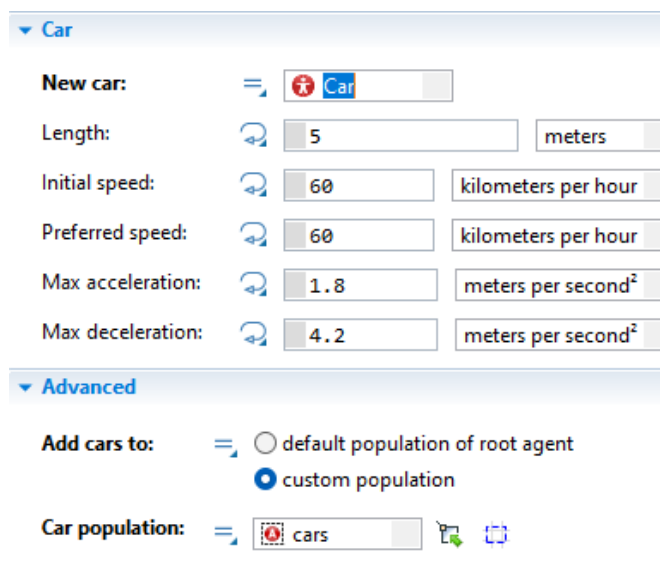


Ilustración 61

XXII. Este paso se debe realizar en todos los “Car Source”

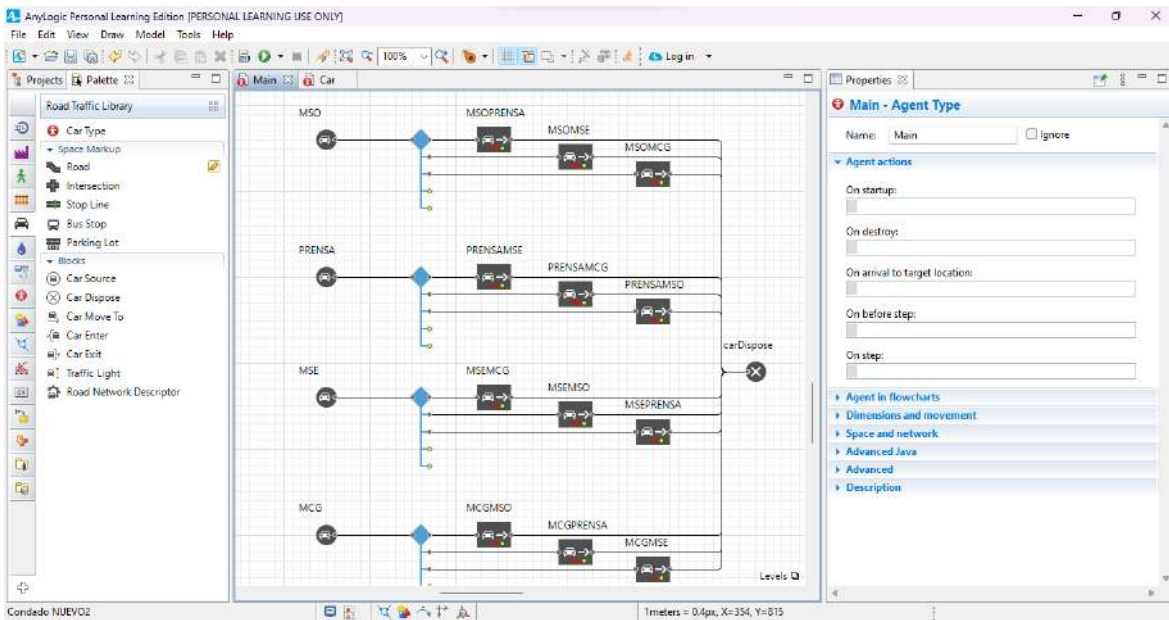


Ilustración 62

XXIII. Para poder cuantificar los tiempos vamos a crear un histograma para poder visualizar los datos que vamos a obtener.

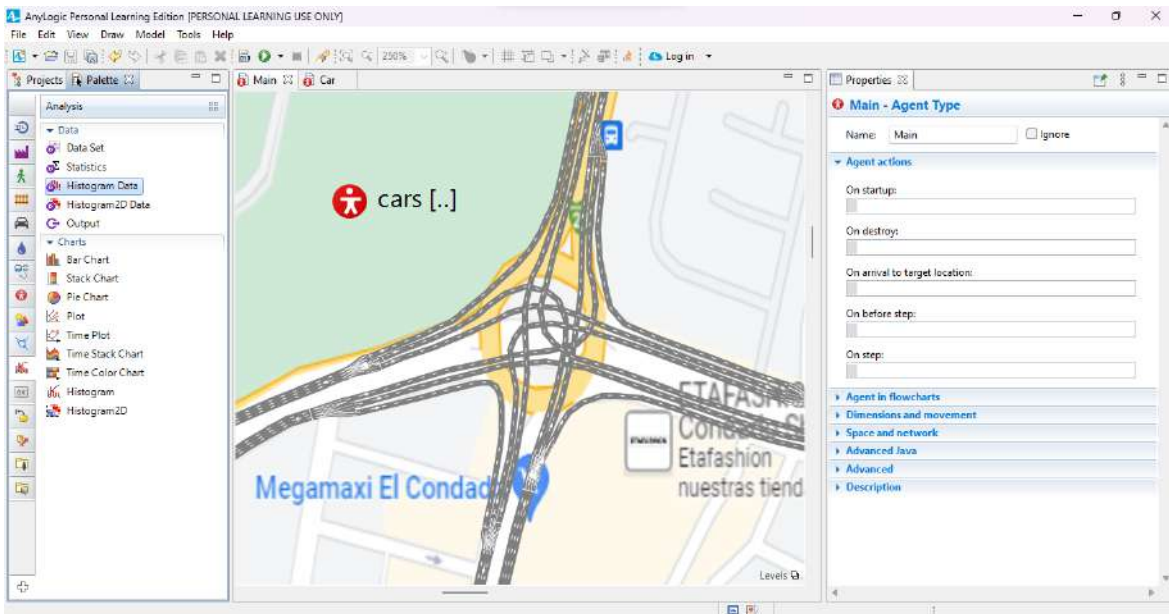


Ilustración 63

XXIV. Arrastramos el icono y le cambiamos el nombre a “timeInModel”

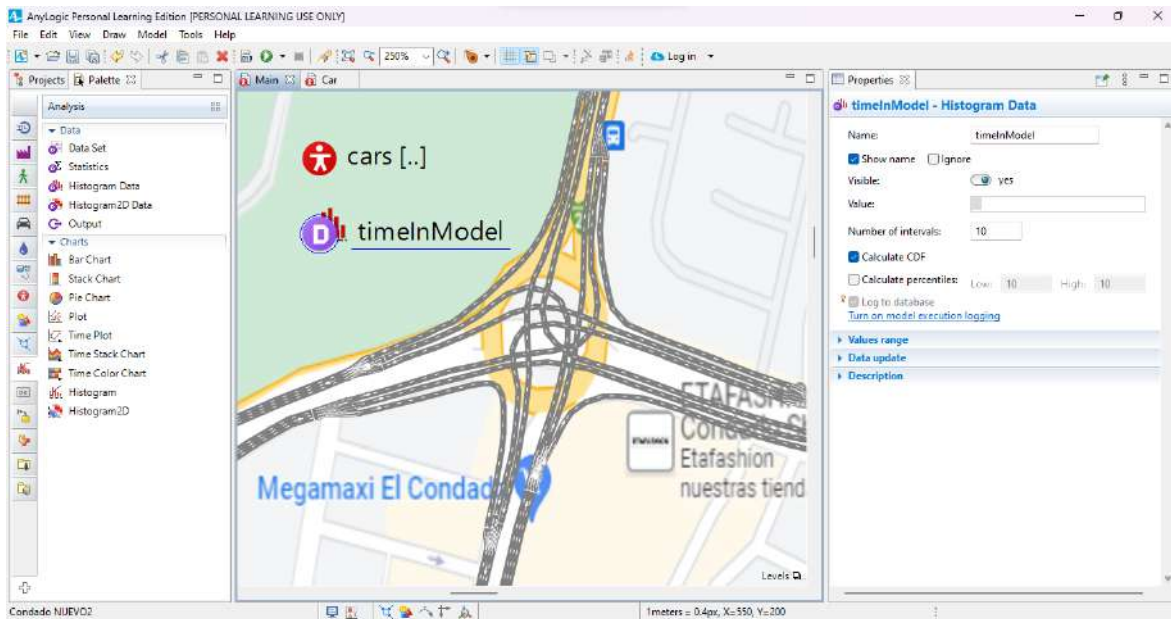


Ilustración 64

XXV. Se debe seleccionar la pestaña de Car, en las propiedades vamos a modificar “agent actions” en el campo de “on destroy”.

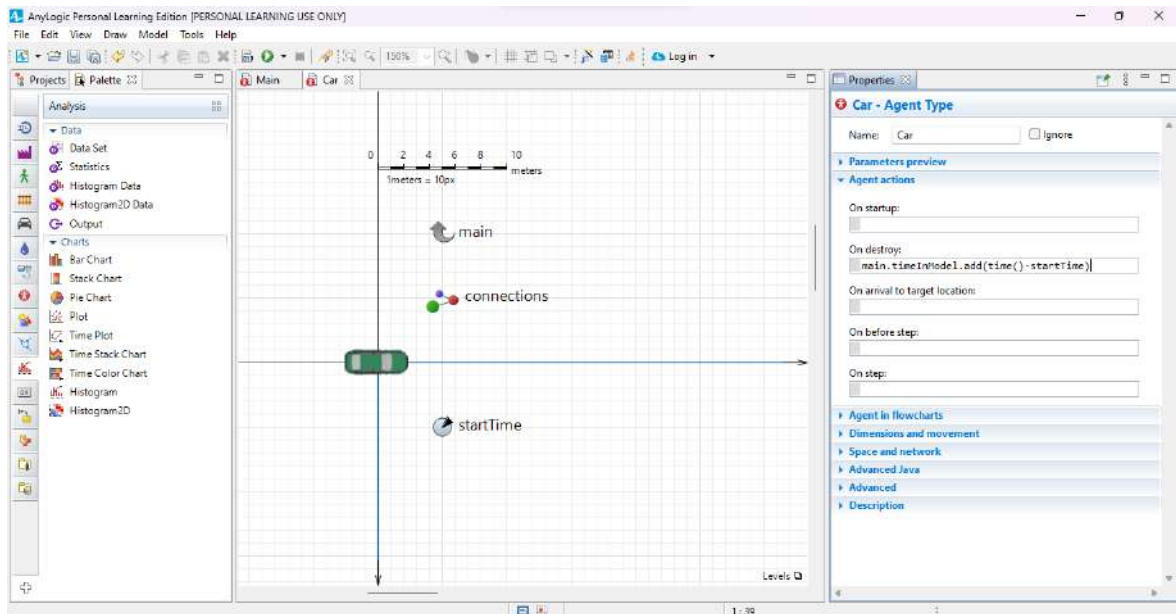


Ilustración 65

XXVI. Ser cuidadoso con este código para que el tiempo que mida el modelo sea el correcto. El código es:

- a. Se escribe “main.”
- b. Se aplasta “control y espacio”
- c. Se selecciona “timeInModel”
- d. Se escribe “.add(time()-”
- e. Se aplasta “control y espacio”
- f. Se selecciona “StarTime”
- g. Se escribe al final “;” (punto y coma)

**Car - Agent Type**

Name:   Ignore

Parameters preview

Agent actions

On startup:

On destroy:

```
main.timeInModel.add(time()-startTime);
```

On arrival to target location:

On before step:

On step:

Agent in flowcharts

Dimensions and movement

Space and network

Advanced Java

Advanced

Description

Ilustración 66

XXVII. Para poder plasmar los datos agregamos un gráfico (histograma).

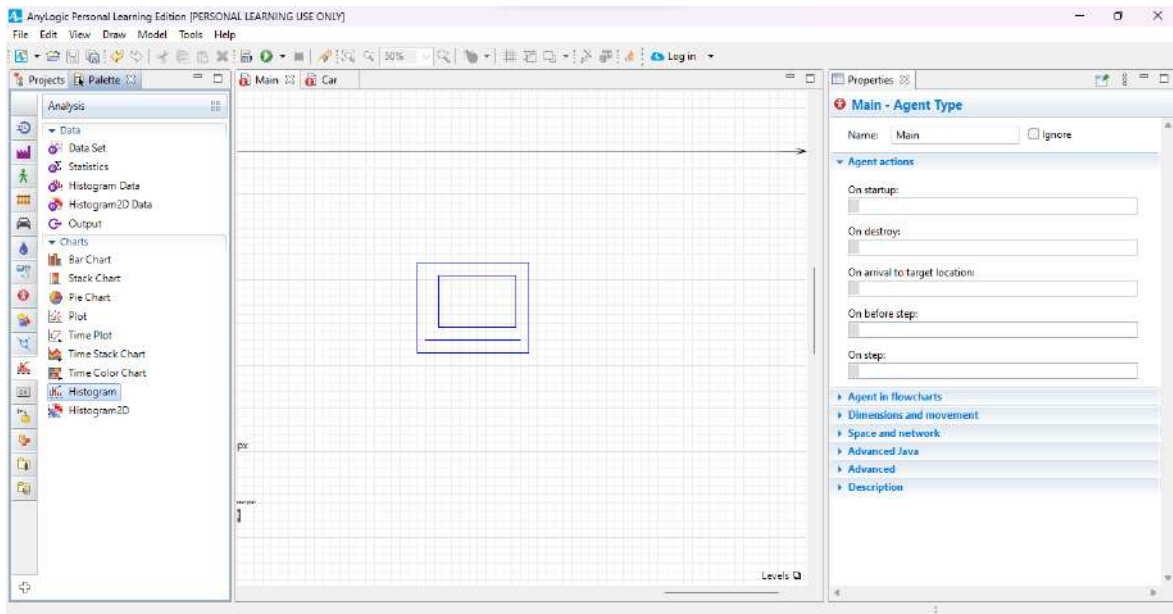


Ilustración 67

XXVIII. Se debe modificar los siguientes campos.

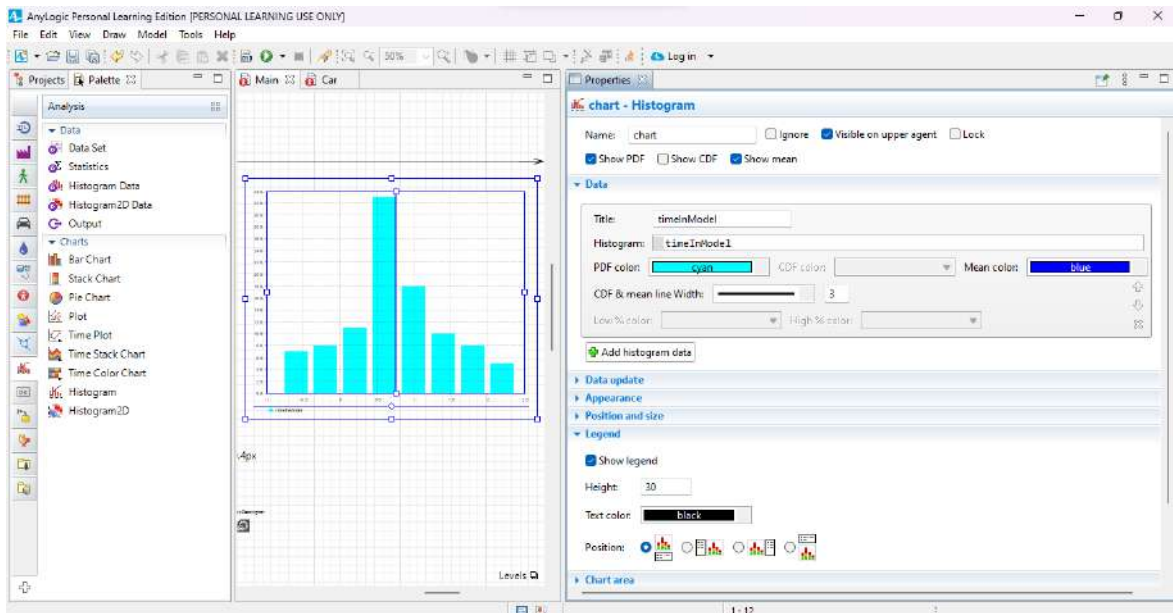


Ilustración 68

XXIX. En los campos:

- Title: Se debe escribir time In Model
- Histogram: Se debe aplastar “control y espacio”
- Histogram: Se debe seleccionar “timeInModel”
- Puedes cambiar y modificar los colores del gráfico.

XXX. Se debe seleccionar el icono de “play” para empezar la simulación.

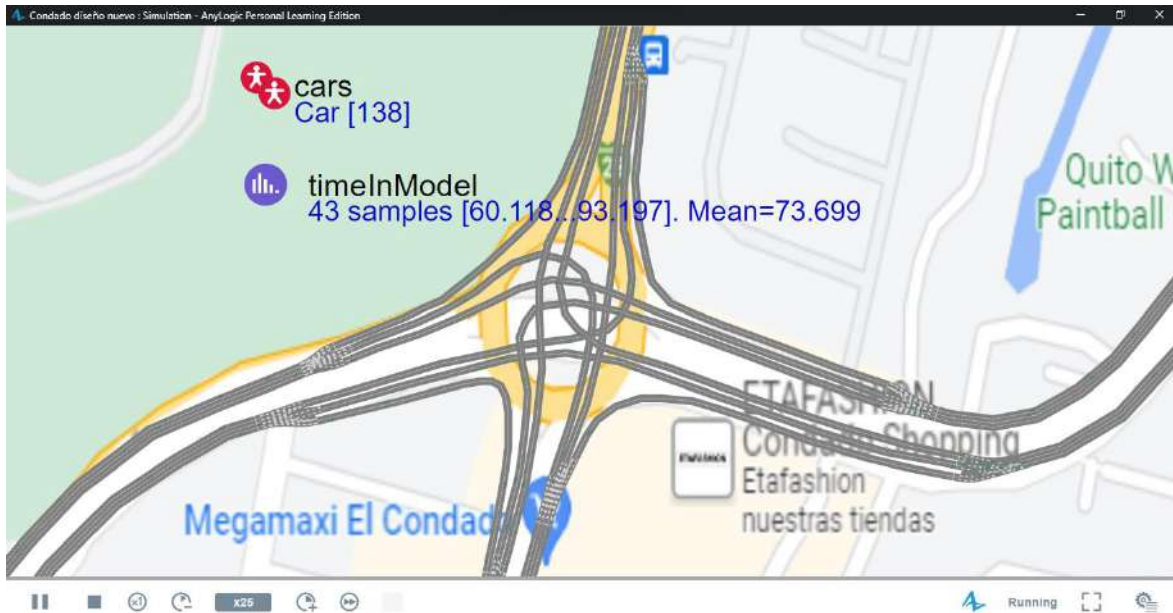


Ilustración 69

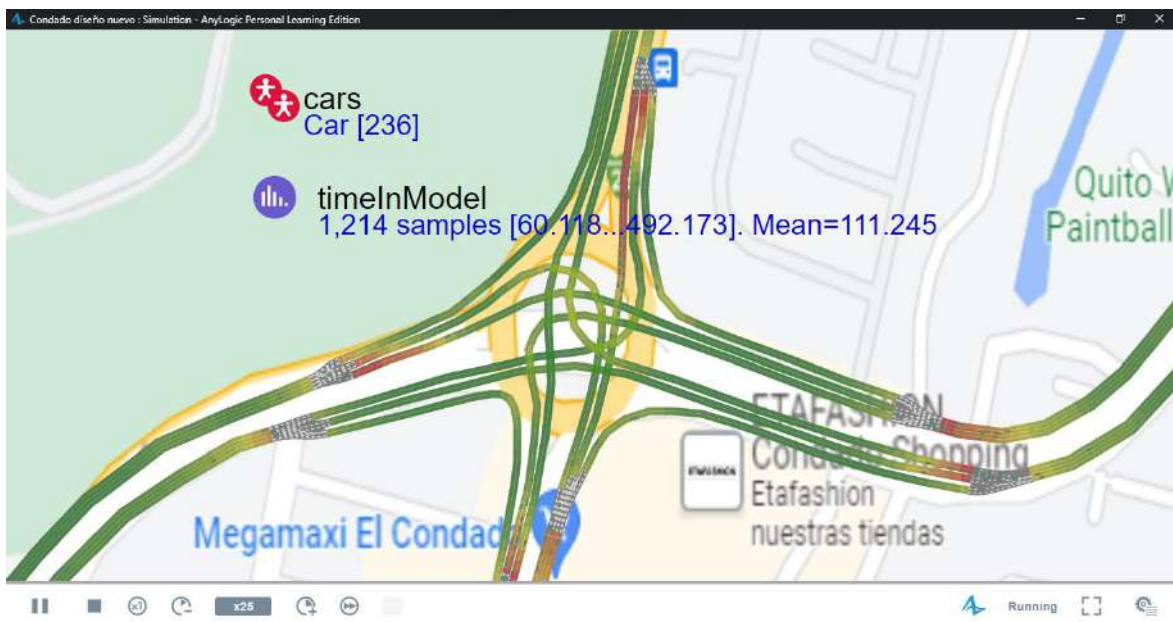


Ilustración 70

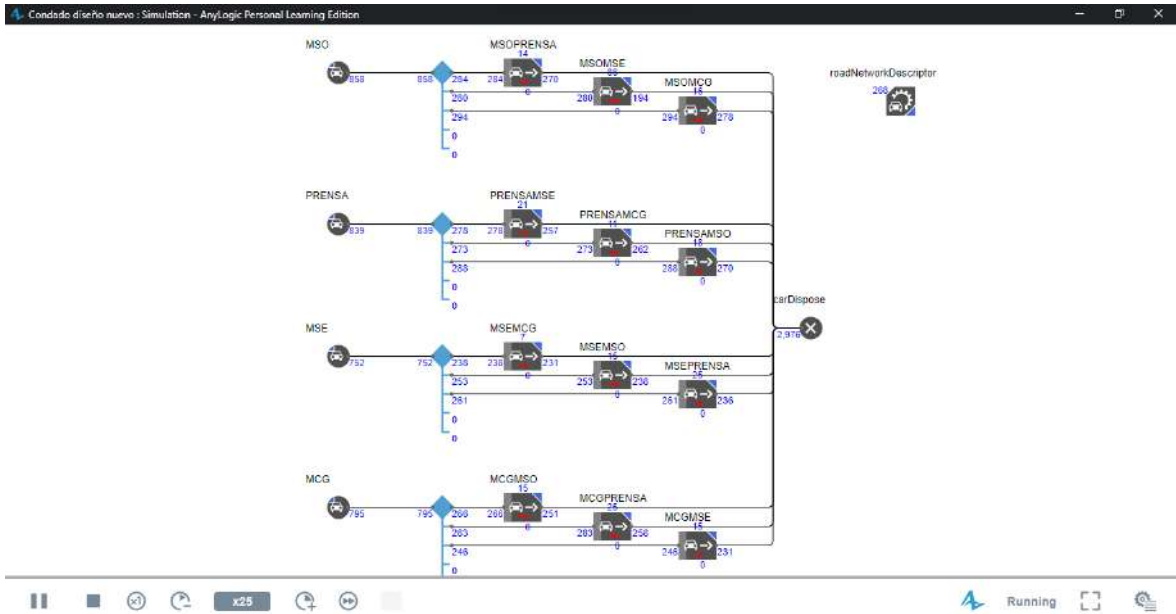


Ilustración 71

XXXI. Lo importante de esta simulación es calcular el tiempo promedio de un auto dentro de esta simulación.

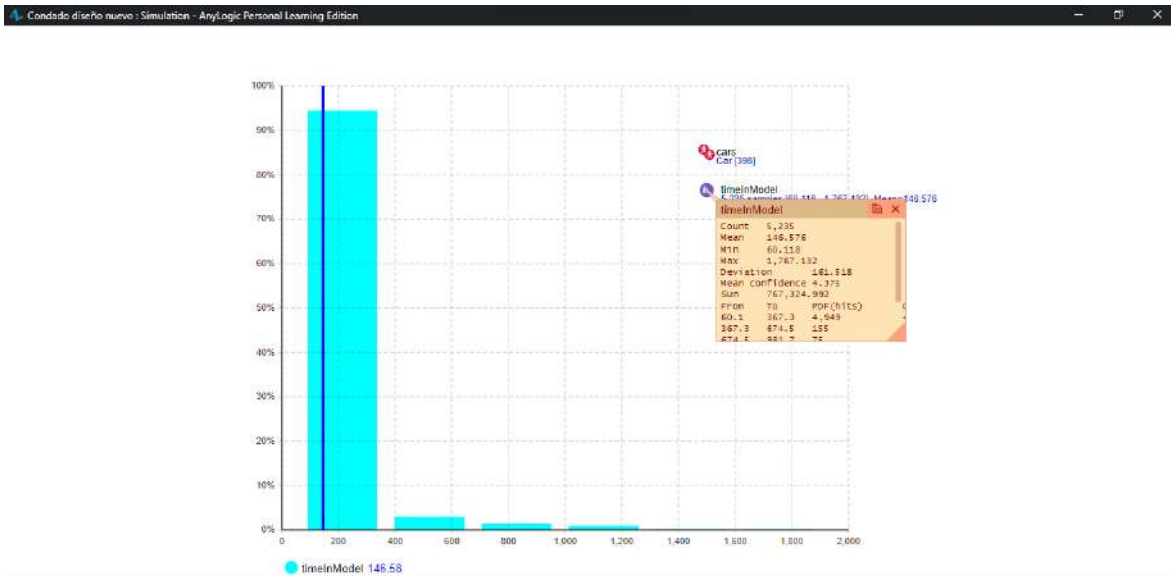


Ilustración 72

XXXII. Se registra un tiempo de 146,58 segundos para un auto promedio, esto quiere decir que en promedio un vehículo liviano le toma menos de 2 minutos y medio movilizarse dentro de este intercambiador.

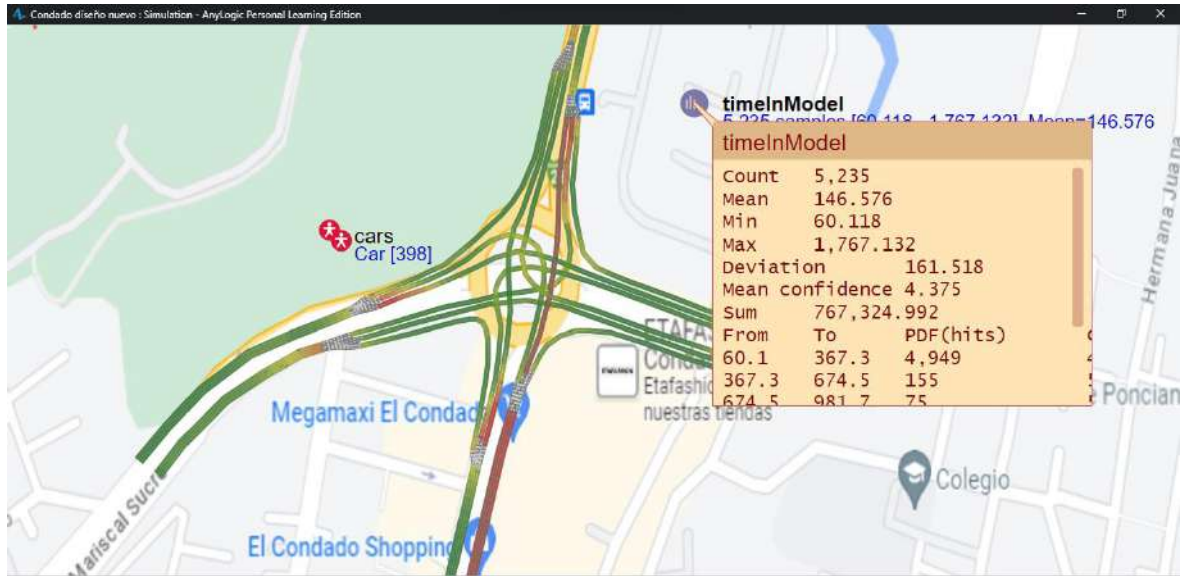


Ilustración 73

XXXIII. Para una mayor comprensión voy a desglosar el intercambiador.

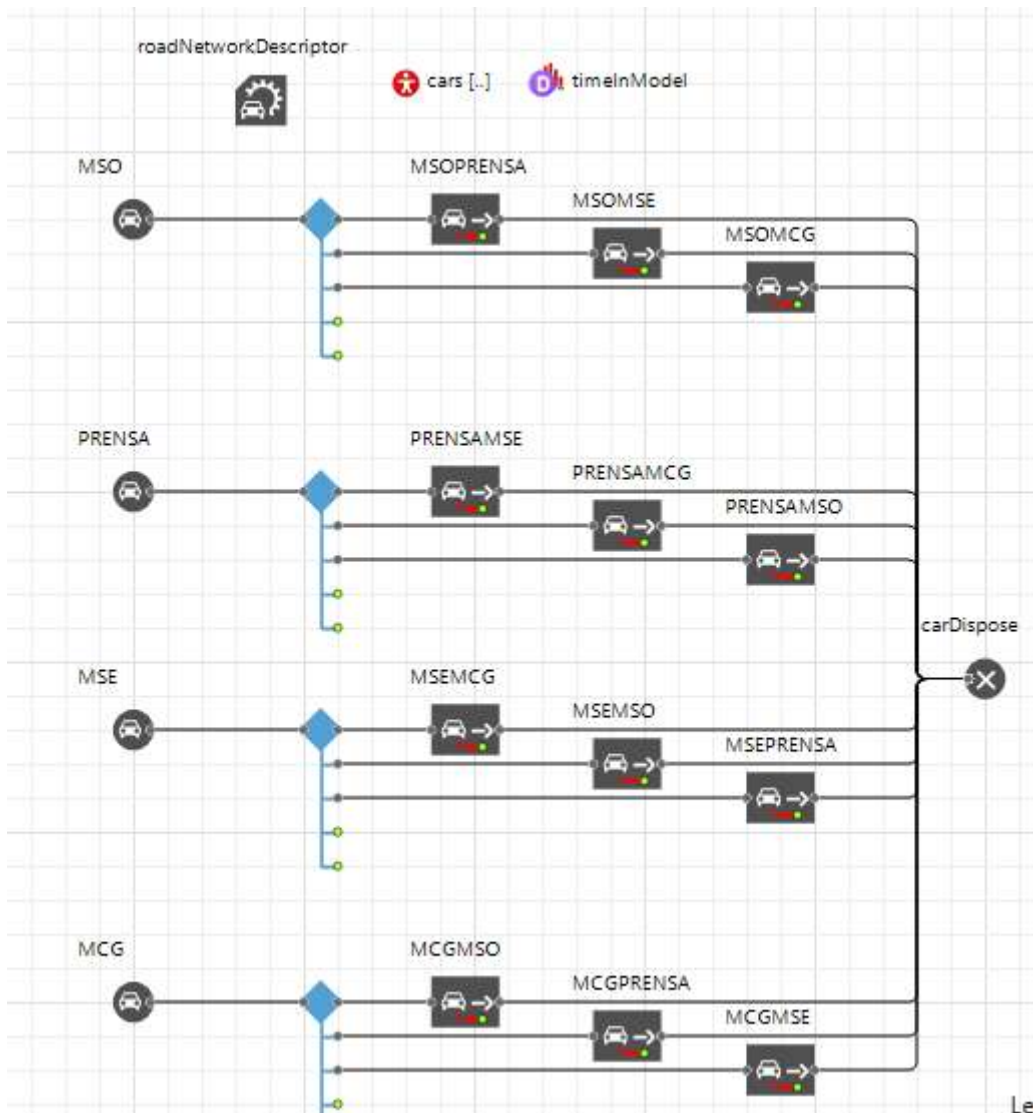


Ilustración 74

- i. Mariscal Sucre Oeste, “(MSO)”
  - a. Desde la avenida Mariscal Sucre oeste sentido oeste-este, ingresa a la intersección y toma el carril derecho hacia la avenida Prensa. “(MSOPRENSA)” (A NIVEL)
  - b. Desde la avenida Mariscal Sucre oeste sentido oeste-este, ingresa a la intersección y sigue recto en el carril central hacia la avenida Mariscal Sucre Este sentido oeste-este. “(MSOMSE)” (PASO DEPRIMIDO)
  - c. Desde la avenida mariscal sucre oeste sentido oeste-este, ingresa a la intersección y toma el carril izquierdo hacia la Manuel Córdova Galarza. “(MSOMCG)” (PASO ELEVADO)

- ii. Avenida de la Prensa, “(Prensa)”
  - a. Desde la avenida de la Prensa sentido norte-sur, ingresa a la intersección y toma el carril derecho hacia la avenida Mariscal Sucre Este. “(PRENSAMSE)” (A NIVEL)
  - b. Desde la avenida de la Prensa sentido norte-sur, ingresa a la intersección y sigue recto en el carril central hacia la avenida Manuel Córdova Galarza. “(PRENSAMCG)” (A NIVEL)
  - c. Desde la avenida de la Prensa sentido norte-sur, ingresa a la intersección y toma el carril izquierdo hacia la avenida Mariscal Sucre Oeste. “(PRENSAMSO)” (PASO ELEVADO)
  
- iii. Mariscal Sucre Este, “(MSE)”
  - a. Desde la avenida Mariscal Sucre este sentido este-oeste, ingresa a la intersección y toma el carril derecho hacia la avenida Manuel Córdova Galarza. “(MSEMCG)” (A NIVEL)
  - b. Desde la avenida Mariscal Sucre este sentido este-oeste, ingresa a la intersección y sigue recto en el carril central hacia la avenida Mariscal Sucre Oeste sentido este-oeste. “(MSEMSO)” (PASO DEPREMIDO)
  - c. Desde la avenida Mariscal Sucre este sentido este-oeste, ingresa a la intersección y toma el carril izquierdo hacia la avenida de la prensa. “(MSEPRENSA)” (PASO ELEVADO)
  
- iv. Manuel Córdova Galarza, “(MCG)”
  - a. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa a la intersección y toma el carril derecho hacia la avenida Mariscal Sucre Oeste. “(MCGMSO)” (A NIVEL)
  - b. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa a la intersección y sigue recto en el carril central hacia la avenida de la Prensa. “(MCGPRENSA)” (A NIVEL)

- c. Desde la avenida Manuel Córdova Galarza, ingresa a la intersección y toma el carril izquierdo hacia la avenida Mariscal Sucre Este. “(MCGMSE)” (PASO ELEVADO)

## 7 Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- I. Los tres tiempos obtenidos son:
  - a. 309,97 segundos en modelación línea base, condado actual sin semáforos
  - b. 230,41 segundos en modelación línea base, condado actual con semáforos.
  - c. 146,58 segundos en modelación propuesta de 3 niveles. (paso deprimido, a nivel y elevado).

#	Descripción	Tiempo(s)	Tiempo(min)	Tiempo (min y s)
1	Línea Base (sin semáforos)	309,97	5,166	5 min y 10 s
2	Línea Base (con semáforos)	230,41	3,840	3 min y 51 s
3	Diseño propuesto	146,58	2,443	2 min y 27 s

*Ilustración 75*

II. En la línea base (1)(2) y en el diseño propuesto (3) el tiempo para un tráfico ínfimo (congestión nula) es muy similar para el caso 1) 100,15 segundos, para el caso 2) 97,64 segundos y para el caso 3) 99,81 segundos.

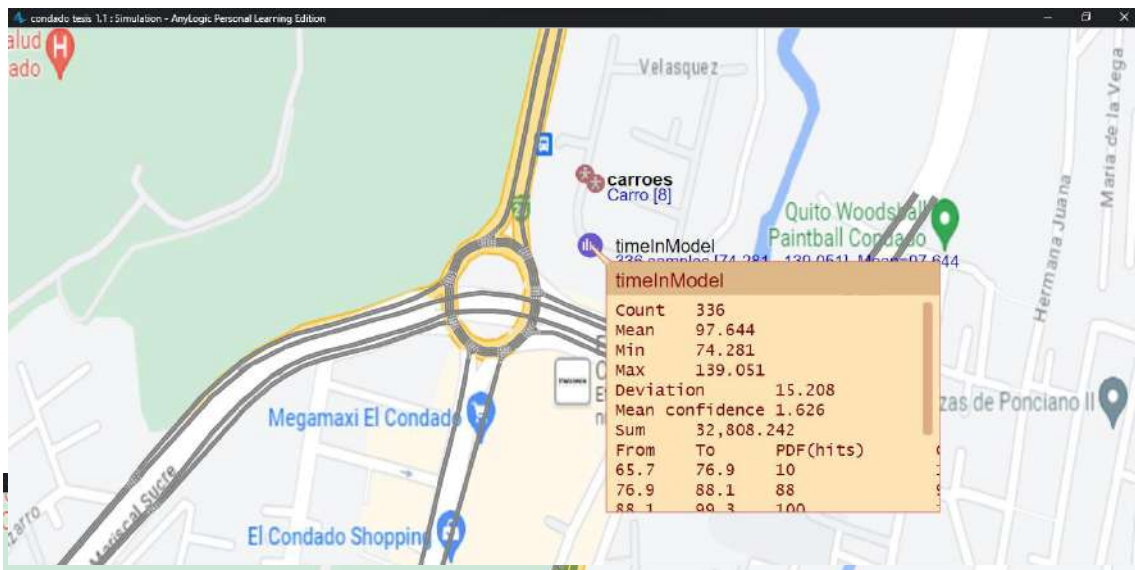


Ilustración 76

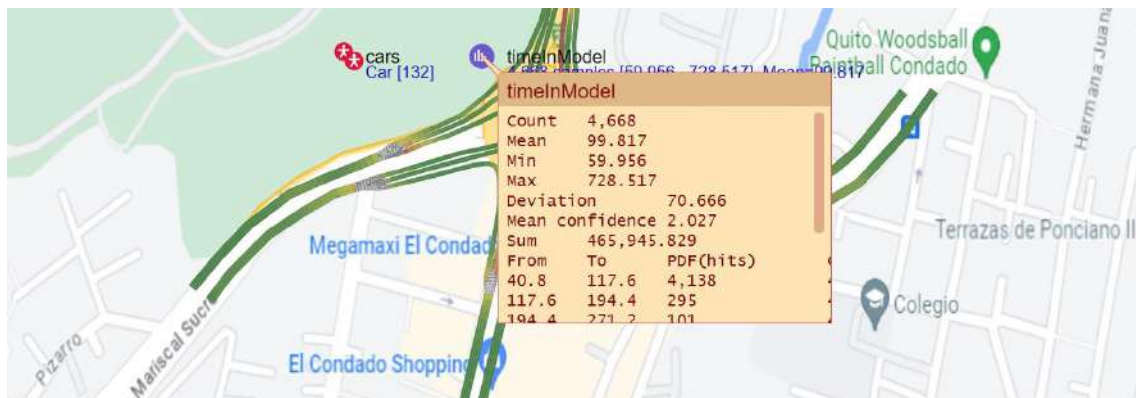


Ilustración 77

III. Si existen otras opciones de intercambiador que se comportarían mejor con la congestión vehicular en este sector de la ciudad de Quito. (Condado Shopping)

Descripción	Tiempo(min)	Tiempo (min y seg)
$\Delta$ tiempo 1-2	1,326	1 min y 20 seg.
$\Delta$ tiempo 1-3	2,723	2 min y 44 seg.
$\Delta$ tiempo 2-3	1,397	1 min y 23 seg.

Ilustración 78

- IV. Algunas obras viales se realizan sin un criterio técnico ni cuentan con los estudios respectivos para poder realizar un proyecto correctamente, esto causa que se realicen diseños (obras viales) que no mitiguen el tráfico de una manera efectiva.
- V. Existen herramientas tecnológicas que nos facilitan a comprender de mejor manera fenómenos complejos, nuestro desafío como especie es adaptarnos a los avances científicos y utilizar las nuevas herramientas tecnológicas
- VI. Los tiempos tomados in-situ tienen más correspondencia a los tiempos de la simulación en el software, mientras que los tiempos tomados desde el patio de comidas del centro comercial muestran una mayor diferencia debido al campo de visión por este motivo los tiempos fueron imprecisos y existe un mayor rango de diferencia entre los resultados. En la ilustración 80 se puede visualizar el campo de visión de los tiempos tomados desde el tercer piso del Condado Shopping.

#	Descripción	Tiempo(segundos)	Tiempo(minutos)
1	Circulación	447,00 s	7,45 min
2	Patio de comidas	182,13 s	3,03 min

Ilustración 79

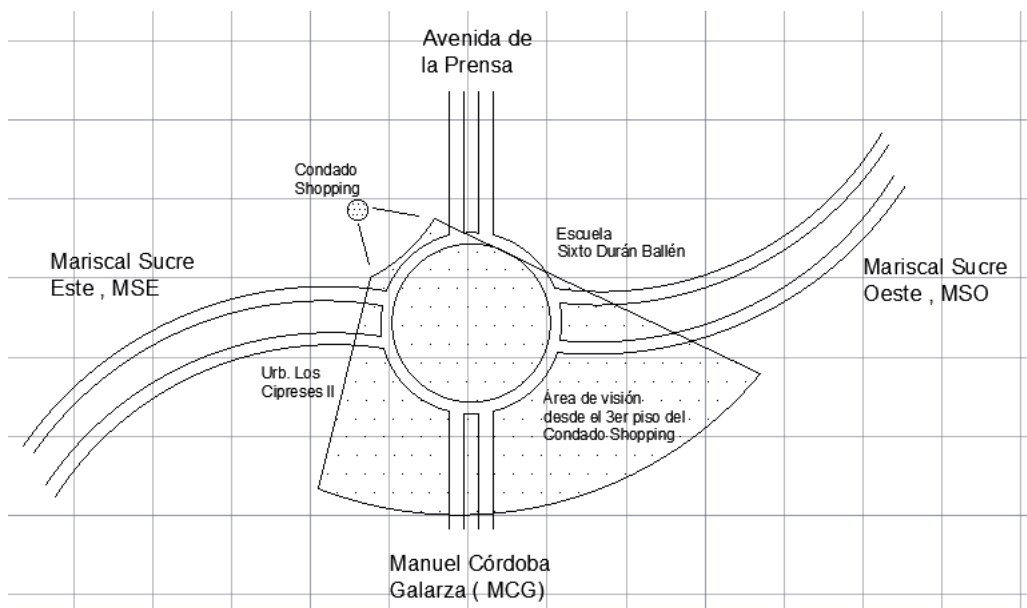


Ilustración 80

Fecha y hora de recopilación de datos:

(viernes 24 y sábado 25 de noviembre de 18:00 a 20:00)

<b>Lugar de conteo: 3er piso Condado Shopping (patio de comidas)</b>												
N° (#)	duración del ciclo	unidad	# N° (#)	duración del ciclo	unidad	N° (#)	duración del ciclo	unidad	N° (#)	duración del ciclo	unidad	
1	230,12	s	26	256,89	s	51	170,65	s	76	165,89	s	
2	147,35	s	27	134,32	s	52	166,78	s	77	283,56	s	
3	220,56	s	28	230,34	s	53	180,87	s	78	278,76	s	
4	167,34	s	29	190,34	s	54	153,67	s	79	320,76	s	
5	150,23	s	30	310,34	s	55	199,33	s	80	169,45	s	
6	138,56	s	31	130,43	s	56	180,46	s	81	208,55	s	
7	180,12	s	32	121,34	s	57	272,56	s	82	200,78	s	
8	259,29	s	33	150,12	s	58	113,45	s	83	148,38	s	
9	110,23	s	34	120,23	s	59	179,01	s	84	112,66	s	
10	190,45	s	35	190,23	s	60	290,76	s	85	180,67	s	
11	309,56	s	36	100,34	s	61	134,76	s	86	153,67	s	
12	180,45	s	37	145,34	s	62	173,23	s	87	108,34	s	
13	250,12	s	38	104,51	s	63	186,45	s	88	100,65	s	
14	100,45	s	39	170,23	s	64	135,76	s	89	295,72	s	
15	190,45	s	40	205,23	s	65	178,76	s	90	169,67	s	
16	195,67	s	41	199,34	s	66	145,76	s	91	178,56	s	
17	179,34	s	42	194,23	s	67	195,71	s	92	298,7	s	
18	100,85	s	43	110,32	s	68	150,45	s	93	150,65	s	
19	145,87	s	44	160,42	s	69	135,65	s	94	180,56	s	
20	260,56	s	45	173,23	s	70	149,34	s	95	171,67	s	
21	146,12	s	46	189,34	s	71	183,45	s	96	169,36	s	
22	184,45	s	47	141,34	s	72	210,56	s	97	117,76	s	
23	240,34	s	48	190,34	s	73	116,1	s	98	156,89	s	
24	189,56	s	49	200,23	s	74	200,76	s	99	190,72	s	
25	245,89	s	50	212,12	s	75	290,78	s	100	160,87	s	
<b>Tiempo mínimo:</b>				<b>100,34</b>								<b>s</b>
<b>Tiempo máximo:</b>				<b>320,76</b>								<b>s</b>
<b>Tiempo promedio:</b>				<b>182,13</b>								<b>s</b>

Ilustración 81

Lugar de conteo: In-situ (como usuario dentro del intercambiador condado shopping)												
N° (#)	duración del ciclo	unidad	N° (#)	duración del ciclo	unidad	N° (#)	duración del ciclo	unidad	N° (#)	duración del ciclo	unidad	
1	400,34	s	26	300,34	s	51	450,34	s	76	480,34	s	
2	389,34	s	27	498,34	s	52	420,34	s	77	349,32	s	
3	310,89	s	28	520,34	s	53	610,23	s	78	239,13	s	
4	400,12	s	29	289,34	s	54	400,34	s	79	290,34	s	
5	700,89	s	30	790,34	s	55	570,23	s	80	390,34	s	
6	367,45	s	31	440,23	s	56	250,34	s	81	401,34	s	
7	400,23	s	32	380,23	s	57	633,23	s	82	310,41	s	
8	830,12	s	33	420,12	s	58	350,23	s	83	493,21	s	
9	400,23	s	34	580,34	s	59	690,34	s	84	529,34	s	
10	250,23	s	35	339,34	s	60	380,34	s	85	730,23	s	
11	400,34	s	36	289,34	s	61	360,34	s	86	450,34	s	
12	350,23	s	37	500,34	s	62	400,45	s	87	300,23	s	
13	500,23	s	38	300,24	s	63	519,23	s	88	500,43	s	
14	445,75	s	39	590,89	s	64	423,23	s	89	489,34	s	
15	323,12	s	40	501,23	s	65	387,23	s	90	490,32	s	
16	498,23	s	41	450,34	s	66	370,34	s	91	394,23	s	
17	387,34	s	42	410,34	s	67	390,23	s	92	700,34	s	
18	430,23	s	43	520,34	s	68	429,23	s	93	523,35	s	
19	890,34	s	44	730,23	s	69	380,21	s	94	410,23	s	
20	401,23	s	45	329,34	s	70	456,43	s	95	380,34	s	
21	310,23	s	46	290,45	s	71	599,43	s	96	430,43	s	
22	690,34	s	47	480,23	s	72	245,34	s	97	290,34	s	
23	430,34	s	48	490,34	s	73	320,34	s	98	410,43	s	
24	300,43	s	49	500,45	s	74	360,34	s	99	497,32	s	
25	689,34	s	50	480,34	s	75	310,09	s	100	589,34	s	
<b>Tiempo mínimo:</b>			<b>239,13</b>									<b>s</b>
<b>Tiempo máximo:</b>			<b>830,12</b>									<b>s</b>
<b>Tiempo promedio:</b>			<b>447,00</b>									<b>s</b>

Ilustración 82

Fecha y hora de recopilación de datos:

(jueves 7 y viernes 8 de diciembre de 18:00 a 20:00)

[ (-) “sale del redondel”: (+) “entra al redondel” ]

CONTEO DE VEHÍCULOS LIVIANOS (7/DIC)											
#	Avenida	Sentido		Σ	Hora Inicial	Hora Final	#	autos/hora (+)	autos/hora (-)	% +	% -
1	MSO	ESTE	OESTE	-	18:00	20:00	1.356	-	678,00	-	11,15%
2	MSO	OESTE	ESTE	+	18:00	20:00	4.832	2416,00	-	39,74%	-
3	MSE	ESTE	OESTE	+	18:00	20:00	3.458	1729,00	-	28,44%	-
4	MSE	OESTE	ESTE	-	18:00	20:00	1.689	-	844,50	-	13,89%
5	MCG	SUR	NORTE	-	18:00	20:00	7.881	-	3940,50	-	64,81%
6	MCG	NORTE	SUR	+	18:00	20:00	914	457,00	-	7,52%	-
7	PRENSA	SUR	NORTE	+	18:00	20:00	2.956	1478,00	-	24,31%	-
8	PRENSA	NORTE	SUR	-	18:00	20:00	1.234	-	617,00	-	10,15%
								6080,00	6.080,00	100,00%	100,00%

Ilustración 83

CONTEO DE VEHÍCULOS LIVIANOS % (8/DIC)											
#	Avenida	Sentido		Σ	Hora Inicial	Hora Final	#	autos/hora (+)	autos/hora (-)	% +	% -
1	MSO	ESTE	OESTE	-	18:00	20:00	1.356	-	678,00	-	10,80%
2	MSO	OESTE	ESTE	+	18:00	20:00	5.032	2516,00	-	40,07%	-
3	MSE	ESTE	OESTE	+	18:00	20:00	3.135	1567,50	-	24,97%	-
4	MSE	OESTE	ESTE	-	18:00	20:00	1.789	-	894,50	-	14,25%
5	MCG	SUR	NORTE	-	18:00	20:00	8.214	-	4107,00	-	65,41%
6	MCG	NORTE	SUR	+	18:00	20:00	1.023	511,50	-	8,15%	-
7	PRENSA	SUR	NORTE	+	18:00	20:00	3.367	1683,50	-	26,81%	-
8	PRENSA	NORTE	SUR	-	18:00	20:00	1.198	-	599,00	-	9,54%
								6278,50	6278,50	100,00%	100,00%

Ilustración 84

PROMEDIO DEL TRÁFICO DE LOS VEHÍCULOS LIVIANOS									
DESCRIPCIÓN				(7/Dic)		(8/Dic)		PROMEDIO	
#	CALLE	Sentido		% +	% -	% +	% -	Σ -	Σ +
1	MSO	ESTE	OESTE	N/A	11,15%	N/A	10,80%	10,98%	N/A
2	MSO	OESTE	ESTE	39,74%	N/A	40,07%	N/A	N/A	39,91%
3	MSE	ESTE	OESTE	28,44%	N/A	24,97%	N/A	N/A	26,70%
4	MSE	OESTE	ESTE	N/A	13,89%	N/A	14,25%	14,07%	N/A
5	MCG	SUR	NORTE	N/A	64,81%	N/A	65,41%	65,11%	N/A
6	MCG	NORTE	SUR	7,52%	N/A	8,15%	N/A	N/A	7,83%
7	PRENSA	SUR	NORTE	24,31%	N/A	26,81%	N/A	N/A	25,56%
8	PRENSA	NORTE	SUR	N/A	10,15%	N/A	9,54%	9,84%	N/A
								100,00%	100,00%

Ilustración 85

## 7.2 Recomendaciones

- I. Se debería implementar en el caso estudio áreas específicas para que los buses logren estacionar y los usuarios logren embarcarse sin obstaculizar el tránsito de los demás vehículos, es una solución simple ya que solo implica construir zonas de embarque y colocar las paradas de buses correspondientes con la señalética respectiva.

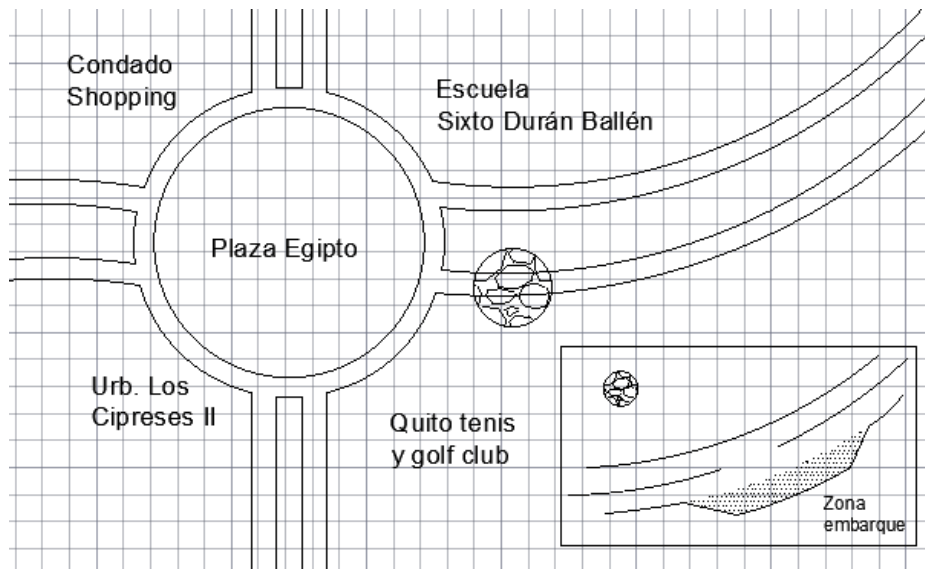


Ilustración 86

- II. Se debería tomar en cuenta carriles de contraflujo en el caso estudio para poder mitigar el tráfico de cierta forma en las horas pico.
- III. Se debería prohibir el construir centros comerciales, hospitales, escuelas, colegios, o cualquier estructura de alto tráfico cerca de intercambiadores o intersecciones relevantes porque afecta a la movilidad significativamente.
- IV. Se debería construir un paso peatonal en el caso estudio Condado Shopping elevado por la seguridad de las personas, el mezclar tráfico peatonal y tráfico vehicular a un mismo nivel siempre crea conflictos en la movilidad (incidentes o accidentes).

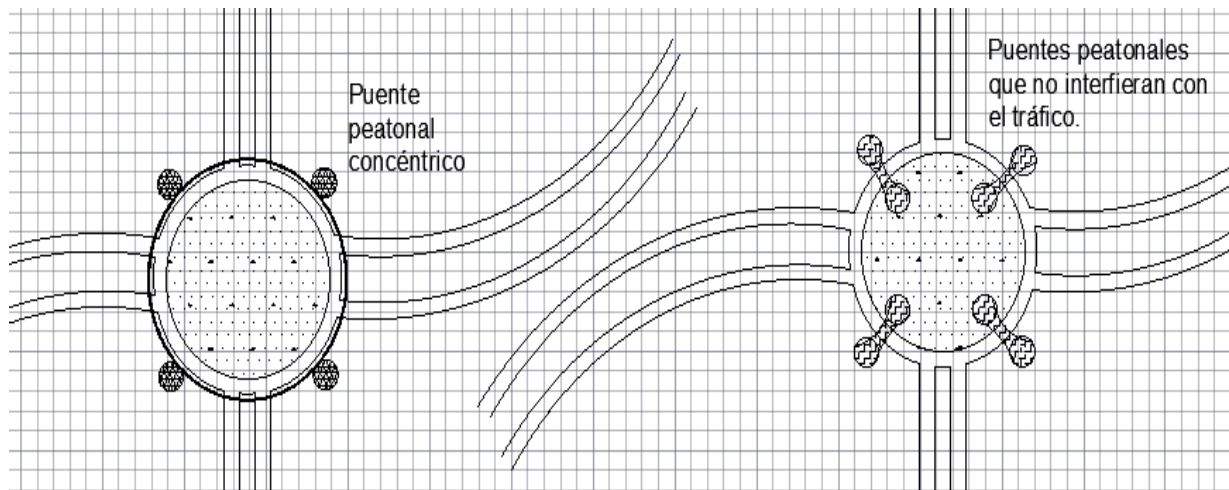


Ilustración 87

- V. Para un análisis más preciso se debe tomar en cuenta todas las calles secundarias que intervienen dentro del modelo para tener una simulación más realista.

## 8 Anexos

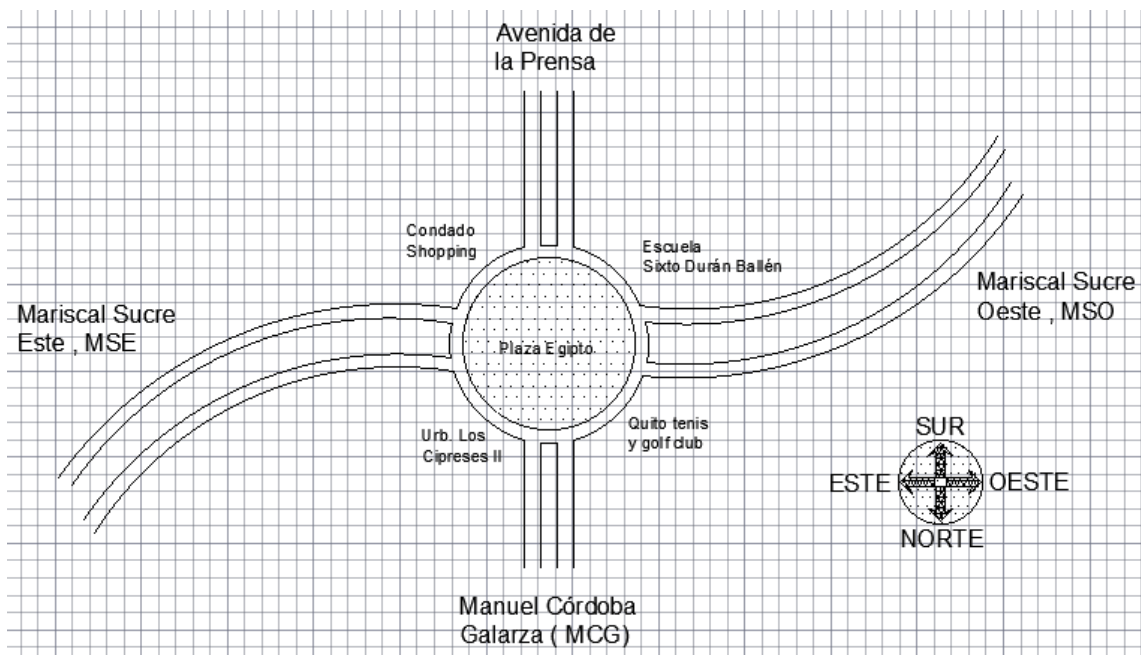


Ilustración 88



Ilustración 89



Ilustración 90



Ilustración 91



Ilustración 92



*Ilustración 93*



*Ilustración 94*



Ilustración 95



Ilustración 96



*Ilustración 97*



*Ilustración 98*



Ilustración 99

## 9 Bibliografía

- I. Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito*. México DF, México: Alfaomega. Recuperado el 2023
- II. Garber, N., & Lester, H. (2005). *Ingeniería de tránsito y carreteras*. México DF, México: Cengage Learning Editores. Recuperado el 2023
- III. Hay, W. (1983). *Ingeniería de transporte*. México DF, México: Limusa. Recuperado el 2023
- IV. Valdés González-Roldán, A. (1982). *Ingeniería de tráfico*. Madrid, España: Bellisco, ediciones técnicas y científicas. Recuperado el 2023