



Tecnológico de Monterrey

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Estado de México

Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales

Revisión 3 - Avance al 60%

TC2008B

Grupo: 301

Equipo: 4

Integrantes del equipo:

Aleny Sofia Arévalo Magdaleno | A01751272

Luis Humberto Romero Pérez | A01752789

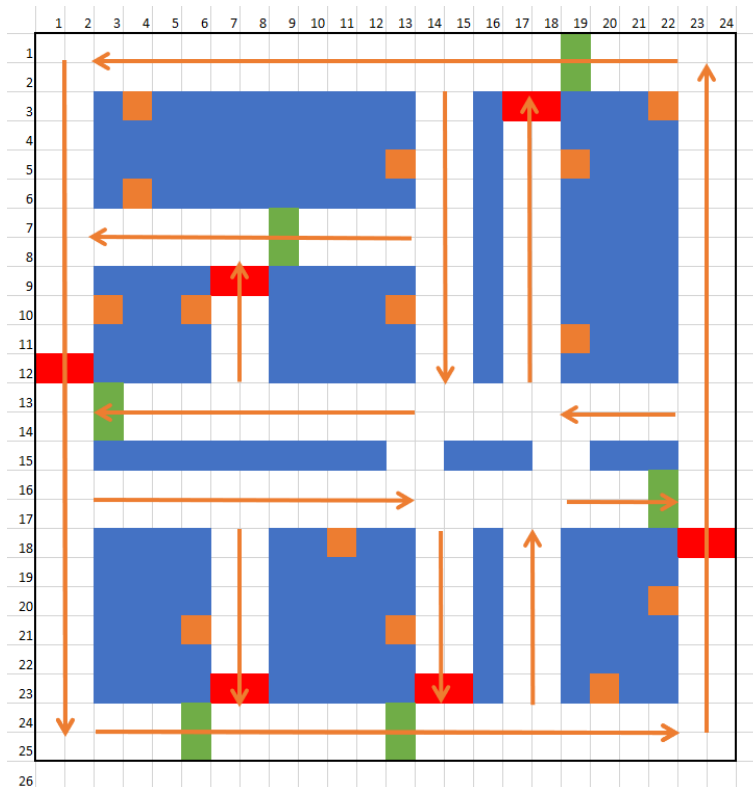
Valeria Martínez Silva | A01752167

Pablo González de la Parra | A01745096

Fecha de entrega:

25 de Noviembre de 2022

Descripción del medio ambiente



De acuerdo con los requerimientos de la situación problema, el ambiente que elegimos desarrollar simula el tránsito vehicular en una ciudad ficticia en México. Esta consiste en una calle principal la cual rodea el perímetro de la ciudad, y una rotonda en el centro que dirige y habilita el tránsito a las calles centrales. A continuación se mencionan ciertas características relevantes del ambiente:

- 1 cuadrícula de 24x25
- 1 calle principal
- 216 edificios (celdas de obstáculo)
- 14 destinos (celdas de destino)
- 1 rotonda
- 12 semáforos (24 celdas)
- 6 intersecciones con semáforos o 12 pares de semáforos
- k cantidad de carros iniciales
- 1 carro cada n tiempo (o step)

El diseño de nuestro ambiente se encuentra construido con el fin de promover la interacción entre agentes “Carro” y agentes “Semáforo”. Esto debido a que, la lógica principal que queremos simular y modelar, son los embotellamientos o la carga vehicular pesada entre estos agentes de manera constante. Aunado a esto, estos agentes nos permiten modelar un sistema capaz de implementar una optimización del problema planteado. A continuación se listan ambos agentes.

- Agente “Carro”
- Agente “Semáforo”

De acuerdo con nuestra implementación, además de los agentes “Semáforo”, existen diversos agentes (de MESA) los cuales no poseen ninguna funcionalidad, debido a su falta de

autonomía. Por lo que, a diferencia de otros, los agentes “Carro” poseen dos maneras de integrarse al sistema. Se mencionan a continuación:

- Se pueden agregar o generar $k < 15$ agentes “Carro” antes de comenzar la simulación
- Se pueden ir agregando o generando 1 agentes “Carro” cada n tiempo (o step)

Esto es debido a que, la implementación del ambiente que decidimos utilizar solamente permite la generación de agentes “Carro” dentro de los estacionamientos (o destinos), con el fin de simular de manera más realista los casos que implican salir de un estacionamiento con una gran carga vehicular.

Por lo que, los agentes “Carro” pueden ser agregados a la cuadrícula siempre y cuando exista al menos 1 estacionamiento vacío y disponible para ejecutar la acción. Sin embargo, esta funcionalidad puede llegar a cambiar en un futuro, dependiendo de la retroalimentación recibida durante este entregable. Aunado a esto, la cantidad de carros que se pueden agregar cada n tiempo también puede ser modificada si se requiere,

Aunque las características y detalles de ambos agentes se mencionan a continuación, es importante comentar que la interacción entre ambos agentes es mutua, y que no existe ninguna variable externa que afecte o influya en el comportamiento de ambos. Al enfocarse de manera más específica en las intersecciones controladas por señales de semáforos inteligentes, estas presentan un elemento importante para su funcionamiento.

A diferencia de las demás celdas de tránsito, en las 4 celdas de intersección (pasando ambos semáforos), estas promueven la toma de decisión sobre cuál es el camino correcto que el agente “Carro” debe de tomar con el fin de llegar a su destino lo más rápido posible. En temas de los semáforos, su funcionalidad al igual que su lógica interna se describe a lo largo de este entregable. A continuación se describen las características del ambiente.

- **Mayormente inaccesible**

El ambiente es mayormente inaccesible debido a que el agente no tiene acceso al estado completo o total del ambiente. Es decir, se requiere de un estado interno con el fin de poder tomar una decisión de acción. Dentro de nuestro ambiente se considera que este es mayormente inaccesible debido a la limitación que poseen los sensores de ambos agentes principales. En el caso del agente “Carro”, esto es notable cuando se analiza que este solo puede observar las celdas a su alrededor (o vecinos). Es decir, cualquier otro aspecto del ambiente se encuentra oculto para la toma de decisiones y el conocimiento que posee. Cabe recalcar que, aunque posee una serie de celdas la cual determinan la mejor ruta para llegar a su destino, los sensores de este se limitan a sus vecinos.

En el caso del agente “Semáforo”, este posee un poco más de información sobre su entorno, debido a la comunicación directa que tiene entre agentes del mismo tipo, y los agentes “Carro”. Y aunque conozca el estado y ciertas características de los otros agentes, las secciones de las calles e incluso ciertas intersecciones se encuentran ocultas a estos, limitando el razonamiento al momento de tomar decisiones. Por lo que, aunque no exista un promedio exacto de la accesibilidad de nuestro ambiente, se puede estimar que se encuentra entre un rango de 45% a un 55%.

- **Mayormente determinista**

El ambiente es mayormente determinista debido a que el estado actual y las acciones realizadas por el agente llegan a determinar el estado siguiente del ambiente. Es decir, se puede estar al tanto del mayor número de aspectos accesibles del ambiente. Esto es notable cuando se observa el comportamiento y la interacción que poseen ambos agentes. En el caso del agente “Carro”, la posición actual, al igual que la presencia de otros agentes a su alrededor determina de manera objetiva su siguiente movimiento. Esto considerando factores como su destino, la ruta que tiene, la prioridad en los cruces, entre otros.

En el caso del agente “Semáforo”, el incremento en el número de carros en su fila afecta directamente su comportamiento con el fin de intentar disminuir el tránsito vehicular (Planeado implementarse completamente en la entrega final). Es considerado mayormente determinista debido a la interacción directa, o causalidad que existe entre los agentes. Es importante recalcar que, al no tener en cuenta la posición o estado del ambiente cuando se generan o eliminan agentes “Carro”, se trabaja con un cierto grado de incertidumbre, por lo que no puede ser considerada completamente determinista.

- **No episódico**

El ambiente es no episódico debido a que las acciones del agente no se dividen en episodios o ciclos previamente establecidos. Es decir, el agente tiene que pensar de manera adelantada para actuar. En este caso, el comportamiento de los agentes al igual que su interacción con el ambiente no se encuentran ligados de manera episódica. Esto debido a que las acciones que se realizan dependen completamente de las acciones producidas anteriormente. Dentro de nuestro ambiente, las acciones de un agente “Carro” dependen mayormente en qué dirección tiene que avanzar de acuerdo a la ruta calculada en cada turno, mientras que en los agentes “Semáforo”, el cambio en su estado (color) depende completamente del estado anterior, al igual que factores previamente mencionados como el número de carros en su fila, con el fin de alternar entre ambos.

Esto es incluso más notable cuando se analizan los agentes “Carro”. Debido a que si su comportamiento fuese episódico, no tendrían la necesidad de analizar y decidir sobre su entorno (o movimiento) cada que avancen una celda (porción de una calle), o incluso cuando tengan que evitar chocar. Los agentes deben de pensar por adelantado con el fin de determinar su comportamiento.

- **Dinámico**

El ambiente es dinámico debido a que existe la posibilidad de que el ambiente presente modificaciones mientras que el agente delibera. Es decir, el ambiente cambia con el paso del tiempo. Debido a la naturaleza de ciertas simulaciones, a veces se considera a un ambiente como estático debido a la posibilidad de manipular el tiempo dentro de esta. En nuestro caso, nuestro ambiente es dinámico debido a que este cambia respecto al tiempo.

Por lo que mientras los agentes deciden su siguiente movimiento (o deliberan), el ambiente se encuentra cambiando debido a la deliberación de los demás agentes que lo constituyen. Por ejemplo, cuando un agente “Carro” se encuentra decidiendo su siguiente movimiento, o analizando si tiene la prioridad mayor con el fin de avanzar a una celda, los agentes “Semáforo” ya tuvieron la posibilidad de cambiar su estado (o recalcular el siguiente), lo que modifica el comportamiento de estos agentes en cada turno.

- **Discreto**

El ambiente es discreto debido a que existe un número limitado de acciones y percepciones. Es decir, es posible listar o enumerar estos hechos en el ambiente. Esto es más notable en simulaciones las cuales prohíben la utilización de rangos (valores continuos) para determinar una o muchas variables. Dentro de nuestro ambiente, este se considera discreto debido a que se pueden conocer todas las acciones o percepciones que un agente pueda llegar a ejecutar. En el caso de los agentes “Carro”, se conocen los posibles movimientos que cualquier agente de este tipo puede llegar a realizar, como es el avanzar, detenerse, salir y entrar a un estacionamiento (o destino).

Por otra parte, los agentes “Semáforo”, al poseer solamente una acción que cambie su entorno que es el alterar su estado (color), es más notable observar que estas acciones se pueden listar de manera concisa. Aunado a esto, debido a la naturaleza objetiva de nuestro ambiente, no existen variables externas las cuales afecten o añadan un grado de complejidad mayor a la cantidad de percepciones que pueda llegar a poseer cada agente.

Explicación detallada de los agentes

Como se mencionó anteriormente, existen 2 agentes principales dentro de nuestra simulación. El agente “Carro” y el agente “Semáforo”. Cabe mencionar que, aunque en MESA se denominan agentes a elementos propios del ambiente como los edificios, calles y estacionamientos, estos no son agentes en el sistema debido a su falta de autonomía. A continuación se describen las características y detalles de ambos.

- **Agente “Carro”**

El agente “Carro” (o denominado simplemente carro para simplificar), es uno de los agentes responsables en la simulación del tráfico vehicular dentro de nuestra situación problema. Todos los carros comienzan en un lugar de estacionamiento, con el fin de simular de manera realista su trayecto. Estos solo pueden aparecer en un estacionamiento de acuerdo a las siguientes condiciones.

- Si el estacionamiento está vacío (es decir, no hay otro carro ocupando ese lugar).
- Si no hay un carro en la primera celda (al salir), el cual su destino sea ese mismo lugar de estacionamiento.

Con esto no solo garantizamos que existan carros atrapados en estos lugares de destino, sino que también permite demostrar la utilización de prioridades dependiendo del lugar en el que un carro se encuentre, explicadas más adelante. Lo primero que realiza un carro antes de salir del estacionamiento, es calcular la ruta más corta que tiene que tomar para llegar a su destino. Esto lo realiza por medio del algoritmo A* (o Astar), el cual retorna una lista de tuplas, cada una con la coordenada siguiente a la que se tiene que mover. El algoritmo de búsqueda se forma a partir de lo siguiente.

- $h : |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$
 - Calcula el costo del posible movimiento obteniendo la distancia Manhattan entre el punto actual y el destino.
- $g_score : \geq 1$
 - Determina la distancia entre la celda elegida y el inicio

- $f_score: g + h$
 - Valor que determina el mejor movimiento.

Al realizar este cálculo, el carro siempre elige el primer valor que se devuelve (sobre la lista de tuplas o coordenadas), el cual representa el primer paso que tiene que tomar para llegar a su destino. Decidimos utilizar el A* debido a la efectividad de la función heurística para calcular la distancia entre celdas de una cuadrícula. Aunado a esto, este no solo nos permite calcular una ruta hacia el destino, sino que esta ruta sea la más rápida posible. Existen varias razones por las que un carro puede o no avanzar a esta siguiente celda. Se mencionan a continuación.

1. Hay un carro en la celda siguiente a la que se quiere avanzar.
2. Se encuentra encima de un semáforo el cual está en rojo.
3. La celda siguiente está apartada por un carro con mayor prioridad.

Esta última se refiere a la prioridad que se le otorga a los carros de acuerdo con la posición en la que se encuentran. Se listan a continuación.

- Prioridad máxima (3): El carro aparta una celda mientras se encuentra queriendo salir de un estacionamiento.
- Prioridad media (2): El carro aparta una celda mientras se encuentra en la calle principal (la calle que rodea la ciudad por fuera).
- Prioridad baja (1): El carro aparta una celda mientras se encuentra en las calles centrales.

Cuando dos o más carros, apartan una misma celda a la que se quieren (o deben) mover, estas prioridades determinan a quien se le tiene que dar permiso, y quien se tiene que esperar al siguiente movimiento. Entre más alta la prioridad, mayor decisión. Aunado a esto, este comportamiento se asemeja a la vida real, cuando un carro se quiere incorporar a avenidas principales, entre otros casos. En el caso de que existan carros con la misma prioridad queriendo moverse a la misma celda, se le da el paso al primero que la apartó.

Otra característica importante de los carros es que estos siguen la dirección o el flujo de la calle. Por ejemplo, si la celda tiene la dirección “ \wedge ”, la única posibilidad del carro, es aumentar su y , debido a que en la vida real, las calles de un sentido no permiten cualquier otro movimiento. Esto cambia al entrar a las intersecciones.

Las intersecciones (o los espacios entre semáforos, y dentro de la rotonda) tienen la dirección “ \times ”. Esto significa que el carro puede moverse a cualquier celda a su alrededor. Aunque esta implementación suene un poco ambigua, cabe recalcar que, como un carro siempre se encuentra siguiendo el camino más corto hacia su destino (debido al A*), se utilizan estas intersecciones estrictamente para cambiar de carril (por el momento).

Esto es de suma importancia porque, si un carro se encuentra en el carril exterior, y quiere llegar a un estacionamiento que se encuentra en el carril interior, puede utilizar la intersección con el fin de acercarse y finalmente dar vuelta a su destino. Otro de los problemas con los que nos enfrentamos fueron los embotellamientos dentro de estas intersecciones, debido a los cambios constantes de carril entre carros. Esto lo solucionamos de la siguiente manera.

Si el “carro 1” aparta una celda, y el “carro 2” está parado en esa celda apartada, y el “carro 2” también está apartando la celda en la que se encuentra el “carro 1”. Uno de los dos decide moverse a una celda disponible (la cual puede no llegar a ser parte de la ruta más corta definida por el A* con el fin de aliviar la congestión y permitir el flujo de vehículos. Y

finalmente, el carro que se tuvo que mover a una celda disponible, vuelve a calcular la ruta más corta para llegar a su destino, regresando a su trayecto normal sin ningún problema.

Estas técnicas que evitan la congestión vehicular son esenciales para nuestra simulación, debido a que podemos agregar una cantidad mayor de carros, garantizando su funcionamiento correcto en cualquier escenario. Aunque ya se mencionó el caso de los semáforos en rojo, es importante recalcar que un coche se detiene siempre que el semáforo se encuentra en rojo, y avanza cuando este cambia a verde. El objetivo es disminuir en cantidad y presencia las filas que se crean de los carros esperando avanzar por el semáforo, con la lógica de los agentes “Semáforo”, explicado a continuación.

Finalmente, cuando los carros tienen a su destino como vecino directo (normalmente a sus lados), estos entran al estacionamiento y en el siguiente paso desaparecen. Estos no desaparecen al instante con el fin de demostrar que se han estacionado, simulando una vez más un comportamiento cercano a la realidad.

- **Agentes “Semáforo”**

Los agentes “Semáforo” (o denominado semáforo para simplificar) es el segundo agente que interactúa y afecta nuestro ambiente. Los semáforos están encargados de optimizar el tráfico vehicular con el fin de evitar y disminuir embotellamientos, al igual que permitir el flujo constante de tráfico en las intersecciones. Al momento de esta entrega, los semáforos cuentan con una funcionalidad limitada, debido al enfoque que se le dió a la funcionalidad de los carros.

Sin embargo, a continuación se explica el comportamiento de estos agentes, al igual que la funcionalidad proyectada para la entrega final de la situación problema. Los sensores de estos agentes no solamente permiten un mayor rango de detección sobre su ambiente, sino que al igual promueven una comunicación activa y colaborativa con los demás agentes de este tipo. Antes de comenzar la simulación, estos agentes aparecen siempre en coordenadas o posiciones fijas de acuerdo con el diseño del mapa. Los semáforos (como en la vida real) tienen una dirección, lo que significa que regulan el tráfico solamente de la dirección o calle que tienen asignada. Y es esta dirección la que permite la cooperación y coordinación sobre el tráfico vehicular. Existen dos tipos de semáforos. Se mencionan a continuación.

- Semáforo vertical
 - Regula la circulación de vehículos izquierda o derecha de este.
- Semáforo horizontal
 - Regula la circulación de vehículos arriba o abajo de este.

Es importante distinguir entre estos tipos de semáforos con el fin de mantener un equilibrio entre ambos. Esto porque, al iniciar la simulación (por el momento), todos los semáforos verticales se encuentran en verde, mientras que todos los semáforos horizontales se encuentran en rojo. Aunque este no sea el comportamiento final, esto permite mantener un porcentaje de 50% verdes y 50% rojos, lo cual es deseable para nuestra simulación. Estas direcciones o tipos de semáforos son de suma importancia para el funcionamiento de las intersecciones, la cual se explica a continuación.

El comportamiento que se planea implementar para la entrega final de la situación problema, consiste en que los semáforos cuenten o detecten el número de carros formados, y con esto determinar si conviene para el tránsito vehicular, ponerse en verde o rojo. Mientras que entre

las parejas de semáforos, cuadrantes y el mapa completo exista siempre un porcentaje de 50% verdes y 50% rojos. A continuación se explica el procedimiento.

- 2 semáforos (celdas) comparten un número único de parejas.
- 4 semáforos (celdas) comparten un número único de cuadrante.
- Semáforos con el mismo número de pareja, cuentan y suma el número de carros en ambas filas
- Semáforos con el mismo número cuadrante, comparan la cantidad de carros de su pareja con la otra pareja
- La pareja con mayor número de carros se pone en verde, mientras que la pareja con el menor número de carros se pone en rojo

Esta lógica permite que las 2 parejas de semáforos en una misma intersección nunca tengan el mismo color (todos verdes o todos rojos). Esto es algo crucial no solamente debido a que este comportamiento no sucede en la vida real, sino que también este aumentaría la presencia de accidentes entre cada intersección. Sin embargo, la funcionalidad de contar los carros formados en su fila puede sonar un poco ambiguo. A continuación se explica el proceso.

- Se calcula la dirección del semáforo de acuerdo a su tipo
 - Semáforo vertical: Derecha o izquierda
 - Semáforo horizontal: Arriba o abajo
- Se cuenta el número de carros en la fila o columna sobre la dirección de la vialidad, hasta encontrar un edificio o estacionamiento
- Se suman el número de carros de la misma pareja
- Se obtiene la cantidad de carros de la mitad de una intersección
- Se repite el proceso desde el primer paso para la otra pareja

Como se pudo observar, existe una comunicación directa entre los semáforos con el fin de optimizar el tránsito para cualquier cantidad de carros que pueda llegar a presentarse.

Cambios y mejoras planteadas

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, existen detalles o especificaciones de entregables previos los cuales fueron modificados de acuerdo al progreso que se realizó durante este primer avance. Estos incluyen los siguientes. El mapa fue modificado de acuerdo a las especificaciones del reto, por lo que la justificación del ambiente se modificó con el fin de adaptarlo a la nueva estructura.

Otro cambio significativo consiste en la lógica implementada sobre el trayecto que adoptan los carros con el fin de llegar a su destino final. El plan inicial consistía en que los carros no tuvieran conocimiento de su destino final, y estos utilizaran las intersecciones con el fin de acercarse a su destino en cada una de estas, utilizando la distancia y una aproximación del camino que deberían de tomar. Sin embargo, notamos que sería más eficiente y efectivo el implementar un algoritmo de búsqueda con el fin de enfocarnos en optimizar la carga vehicular, y no preocuparnos en la manera que un carro llegue a su destino.

Además de las mejoras planteadas en las secciones previas de este entregable, existen ciertas mejoras las cuales consideramos implementar en la entrega final. Se mencionan a continuación. Permitir la generación de carros en lugares aleatorios, fuera de los estacionamientos (como en la calle principal) con el fin de motivar la existencia de carga vehicular pesada y embotellamientos, al igual que nuestra estrategia para evitarlos. Otra

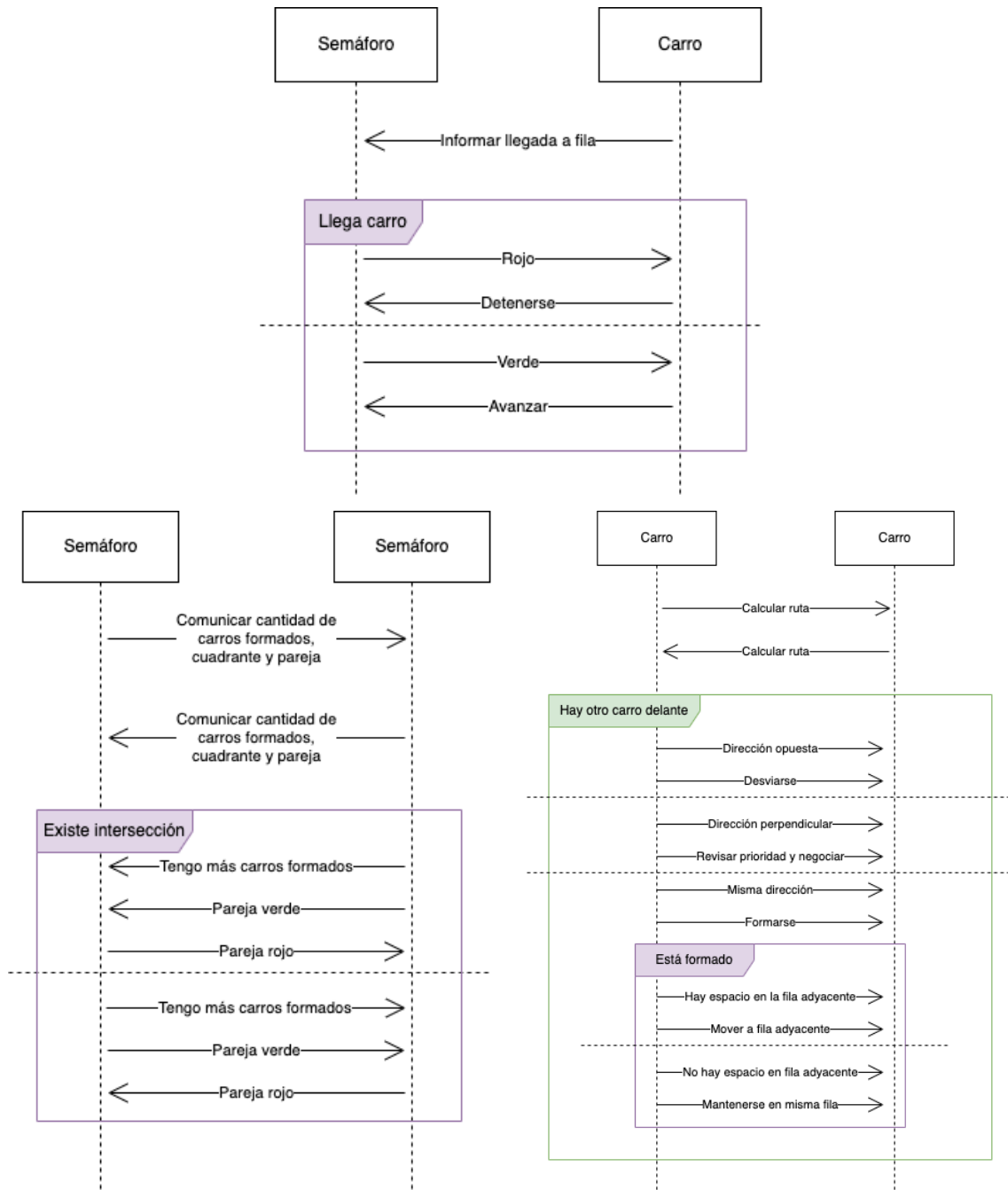
implementación sería permitir a los carros cambiar de carril (incluso fuera de las intersecciones) si hay un carril vacío, y este permite llegar a su destino de manera más rápida que esperar formados en una fila.

Aunado a esto, otra de las mejoras incluye promover la circulación de carros en los carriles extremos del mapa, en donde los carros puedan utilizar estos carriles para evitar el tráfico causado por los semáforos. Estas implementaciones para la entrega final, como la de los entregables pasados pueden llegar a sufrir modificaciones debido a diversos factores, sin embargo los cambios que se realicen tendrán el objetivo final de optimizar el tránsito vehicular en nuestra ciudad.

Diagramas de agente

Carro	Semáforo
Grupo: Grupo de carros Rol: Conductor	Grupo: Grupo de semáforos Rol: Controlador
Eventos: Semáforo rojo Semáforo verde Detección de carro Detección de obstáculos Celda de intersección	Servicio: Controlar tránsito vehicular
Evento - Acción: Semáforo rojo: Detenerse Semáforo verde: Seguir Detección de carro: Negociar Detección de obstáculos: Esquivar Celda de intersección - Calcular posición (orientación) de destino	Protocolo: Control vehicular óptimo
	Eventos: Llegada de auto (cambio en el número de autos en la fila) Cambio de estado en otro semáforo
	Metas: Controlar y optimizar el tránsito vehicular Plan: Coordinar estado (color) de todos los semáforos Acciones: Cambiar estado (color) Comunicar con otros semáforos (pareja y cuadrante) Contar número de carros en la fila Planificar sistema óptimo de luces
	Conocimiento: Cantidad de carros en su fila (formados) Estado (color) de todos los semáforos

Diagramas de protocolos de interacción



Plan de trabajo y aprendizaje adquirido

Actividades completadas	04/11/22	05/11/22	06/11/22	07/11/22	08/11/22	09/11/22	10/11/22	11/11/22	12/11/22	13/11/22	14/11/22
Primer acercamiento y análisis del reto	TODOS										
Realizar plan de trabajo						Ale					
Creación de herramientas de trabajo colaborativo				Pablo							
Descripción del reto					Pablo						
Master Class IBM				Todos							
Identificar agentes, características e interacciones involucradas		TODOS									
Realizar primeros diagramas de clase y protocolos					Vale						
Entregar Revisión 1							TODOS				
Realizar un análisis del funcionamiento del sistema multiagente							TODOS				
Descripción detallada del medio ambiente y sus características							TODOS				
Descripción PEAS de cada agente								Pablo			
Diagramas de agente utilizando AUML								Pablo			
Diagramas de organización SMA								Pablo			
Diagramas de interacción entre agentes							Pablo				
Entregar Revisión 2											TODOS
Tiempo planeado											
Tiempo empleado											

Actividades planeadas	14/11/22	15/11/22	16/11/22	17/11/22	18/11/22	19/11/22	20/11/22	21/11/22	22/11/22	23/11/22	24/11/22	25/11/22	26/11/22	27/11/22	28/11/22
Diseñar lógica del movimiento y comportamiento del sistema multiagente en mesa					TODOS										
Buscar y escalar elementos gráficos para el sistema 3D en Unity							Humberto, Vale y Ale								
Diagramas de clase y protocolos de interacción finales										Vale					
Crear código de servidor para conectar mesa y unity								Pablo							
Crear código de comportamiento para el sistema multiagentes en Unity										Humberto, Vale y Ale					
Realizar conexión entre el sistema multiagente de mesa y Unity											TODOS				
Entregar avance 3 (adelanto del 60% del código en mesa y la implementación gráfica en Unity)															TODOS
Tiempo planeado															
Tiempo empleado															

Con este entregable, fuimos capaces de unir nuestros conocimientos sobre mesa y Unity en el mismo lugar. Debido a que ya habíamos hecho una conexión entre estos dos a través de un servidor en la actividad integradora, esta vez la tarea no fue complicada. Creemos que el aprendizaje adquirido durante estas últimas semanas ha sido muy valioso, ya que nos ha dado la habilidad de considerar más de un camino posible en una situación simple como simular el comportamiento de coches y semáforos en una pequeña ciudad virtual. Entendimos cómo funcionan los semáforos en la realidad, y que las condiciones para que cada uno cambie de estado no son aleatorias. De igual forma, pudimos analizar más a fondo el pensamiento y comportamiento de un conductor promedio, y simular dicho comportamiento en nuestro sistema multiagentes. Finalmente, fuimos capaces de aplicar nuestros conocimientos adquiridos en la clase de gráficas para escalar, rotar, posicionar e incluso modificar los modelos en 3D utilizados para desplegar de forma visual nuestro sistema. Parecía una tarea simple, pero se necesitaron de algunos cálculos para asegurarnos de que cada uno de los modelos estuviese listo para ser posicionado en Unity junto con los demás, creando así una escena visualmente atractiva.