**MODELACIÓN DE PROBLEMAS PARA TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE MÉXICO.**

ASESOR: DOCTOR FELIPE HUMBERTO CONTRERAS ALCALÁ

Óscar Valdés Ambrosio

Maestría en Ciencias de la Complejidad.

Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

**AGRADECIMIENTOS**

**Agradezco al SECITI la beca recibida para la elaboración de esta tesis, bajo el proyecto denominado:**

**TRÁFICO EN GRANDES CIUDADES. UN ENFOQUE ALGORÍTMICO, RUTEO, GEOMETRÍA Y AGENTES COMPUTACIONALES (MODELOS COMPUTACIONALES) PI2011-56R**

Al Dr. Felipe Humberto Contreras Alcalá.

A mi Madre.

**ÍNDICE**

**INTODUCCIÓN**

**Capítulo 1. Fundamentos teóricos de tráfico vehicular.**

Generalidades

Elementos geográficos e históricos de la zona a modelar.

Modelos de tráfico Microscópicos.

Fundamentos de Vías

Normatividad

**Capítulo 2. Modelos basados en agentes.**

Concepto

Modelación de Sistemas Basados en Agentes

Fundamento de Redes

Utilización

Elementos de NetLogo

Modelos de tráfico Vehicular que existen en el mercado.

Consideraciones adicionales al modelo.

Comportamiento del conductor.

Comportamientos Generales.

Comportamiento en Glorietas.

Vías de Circulación de alta velocidad.

**Capítulo 3. Desarrollo del Programa Basado en Agentes con ejemplos.**

Diseño

Descripción uso del Programa

Ejemplos.

Crucero Eje 10 y Eje Central Aztecas

Glorieta Dr. Vertiz y Avenida Universidad.

Cruce Av. División del Norte y Guadalupe I Ramírez

Eje 1 Norte y Avenida de los Insurgentes

Eje Xola y Avenida Cuauhtémoc

Aportaciones a la Modelación del Tráfico

**Conclusiones.**

**Anexos.**

**Bibliografía.**

**Introducción**

La congestión vehicular es uno de los principales problemas que aquejan a las grandes metrópolis, donde el tiempo de espera es muy prolongado para continuar con el trayecto. La interacción de múltiples vehículos circulando por las vías de transporte que está sobreutilizado, y cuyos problemas producen consecuencias que van desde pérdidas de horas productivas hasta accidentes por esta misma situación, y que no siempre puede ser explicado por la adición de sus componentes. En este trabajo intentamos mostrar al tráfico vehicular como un sistema complejo, representándolo con un Modelo Basado en Agentes y una red, y analizando con él diferentes condiciones de tráfico vehicular en cruceros de la Ciudad de México.

La congestión en calles y vías rápidas de las ciudades ha hecho aumentar tanto el tiempo promedio de los recorridos, como las variaciones alrededor del promedio. También ha hecho dichos recorridos menos disfrutables y más peligrosos. Cada vez es más difícil encontrar espacio de estacionamiento y más caro de adquirir cuando se le encuentra. Y encima de todo, la contaminación ambiental que producen los autos, rápidamente se está convirtiendo en una amenaza a la supervivencia en muchas ciudades. Aunado a esto, se le debe sumar el transporte público que se incrementa cada vez más, lo reducido de las vías y otros elementos más, hacen que el tráfico en las ciudades aumente y en consecuencia lo antes mencionado cobre importancia (Ackoff, 1994).

En los países subdesarrollados o en vías de desarrollo, los sistemas de transporte se basan principalmente en el uso de vehículos automotores. La alta demanda ha originado que en ocasiones las vías por las que circulan sobrepasen la capacidad de las mismas. Esta es una de las principales causas de que se provoque la contaminación ambiental, los congestionamientos y los accidentes, etc. Con lo que el tráfico vehicular ha llegado a ser uno de los problemas sociales y económicos más importantes de la vida diaria. Aunque la construcción de nuevas vías de transporte o la modificación de las existentes pueden ser un método simple y efectivo para disminuir las consecuencias inducidas por la alta demanda vehicular. Debido a diversas restricciones espaciales, sociales y económicas, no es fácil de implementar en la actualidad. La alternativa es buscar nuevas soluciones orientadas a un uso más eficiente de las estructuras existentes, que permitan mejorar el desempeño de las mismas. Sin embargo, probar los impactos de estas nuevas soluciones en el mundo real antes de su implementación final puede ser muy costoso o no factible. Esto ha motivado el desarrollo continuo de modelos de tráfico vehicular orientados al análisis y entendimiento de su comportamiento, así como a la valoración de alternativas para mejorar su desempeño.

La Ciudad de México ha crecido de manera considerable, de los años 50´s a la fecha. El aumento tanto de vehículos como de calles, ha permitido que el espacio de la misma se vea altamente invadido por este fenómeno. Esto ocasiona tiempos de espera muy largos, además de que no existan de primera mano lugares donde estacionarse, donde realizar las diferentes actividades (sean de trabajo, entretenimiento, entre otras). La congestión vehicular se ha vuelto un fenómeno cada vez más estudiado por todas las implicaciones de tiempo y espacio y sobre todo por los retrasos que ocasiona el hecho de tener que enfrentarla cada día.

Consideramos en este trabajo, que la congestión vehicular en “horas pico” es un fenómeno indicador de la sobre-utilización de vías de transporte, que evidencía tanto decisiones económicas como de planeación urbana incorrectas. Es por ello que en la presente investigación analizaremos la congestión como el fenómeno determinado por múltiples componentes (vehículos, representados por agentes computacionales) interactuando en medios limitados espacialmente, como lo son las vialidades existentes.

Para lograr esto utilizaremos la modelación basada en agentes (MBA), a través de un programa que está disponible en la red llamado NetLogo, es un entorno de programación que permite la simulación de fenómenos naturales y sociales. Fue creado por Uri Wilensky en 1999 y está en continuo desarrollo por el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.

Bajo este contexto y como ya se mencionó antes, utilizando herramientas de los sistemas complejos se abordará el estudio de esta problemática. En el Capítulo 1 tomaremos en cuenta el hecho de que en la Ciudad de México hay diferentes tipos de vías que surgieron a lo largo de la historia. Mencionaremos que los pueblos originarios que estan actualmente, han estado por muchos años en el pasado, se han tenido que adaptar a los cambios gestados en el desarrollo de la Ciudad. Un segundo elemento son los asentamientos irregulares, que han ocupado una parte importante de la Ciudad, mostraremos que es importante la adecuación de estas y su incorporación a la normatividad existente. Estableceremos que en este trabajo estudiaremos el tráfico, de las vías existentes, daremos los argumentos por el cual utilizamos el modelo de simulación microscópico, este nos permite ver de manera local el tráfico y las consecuencias en las vías que la rodean. También revisaremos la normatividad existente para la adecuación de las mismas, las señales y sobre todo las dimensiones que deben tener para que los vehículos circulen de manera adecuada por la ciudad.

En el Capítulo 2 daremos el sustento teórico de la Modelación Basada en Agentes, del por qué utilizamos este tipo de herramienta, complementada con teoría de redes, ya que a través de las redes “conectamos” las vías de circulación. Estos elementos se utilizan en el software que desarrollamos en NetLogo. Además lo contrastamos con otros programas que existen en el mercado. Cerramos el capítulo dando otros elementos importantes, tales como el comportamiento de los vehículos en los diferentes escenarios estudiados: cruceros, glorietas, etc.

En el Capítulo 3 daremos una explicación amplia de los elementos que contiene el programa, así como las funciones que realiza, propondremos diferentes ejemplos de las vías. Utilizadas como caso de estudio, así como una descripción y el análisis del fenómeno en algunas zonas conflictivas consideradas.

Finalmente daremos las conclusiones a las que llegamos con este proyecto.

**Objetivos Particulares.**

• Desarrollar un programa para modelar problemas de tráfico en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

• Establecer las bases teóricas para el desarrollo de la metodología.

• Utilizar la herramienta computacional para el desarrollo de nuestro trabajo.

• Establecer una metodología para seleccionar los lugares a modelar.

**Justificación.**

En el presente trabajo estudiaremos el problema de tráfico vehicular como un sistema complejo. En particular nos enfocamos en modelarlo utilizando multiagentes, el cual es uno de los métodos mas utilizados en esta área. Preferiremos este método y no otros, debido a que queremos observar comportamientos de los vehículos individuales y cómo estos afectan al comportamiento global en diversas zonas de la ciudad. Esto es imposible con métodos que obtienen resultados promediales o globales directamente, como lo son los métodos de sistemas de ecuaciones diferenciales u otros métodos de teoría de sistemas.

**Estado del Arte.**

El crecimiento de la cantidad de vehículos en las grandes ciudades del mundo, genera un problema de congestión vial que afecta a los usuarios automovilistas. Este problema ha tratado de ser solucionado con sistemas para adquirir, analizar y presentar información para apoyar en la toma de decisiones tendientes a mejorar la vialidad en el sentido del tiempo de circulación de alguna zona de la ciudad. Estos sistemas pueden ser utilizados tanto por automovilistas que atraviezan cierta zona conflictiva de la ciudad así como las diferentes vías, vecinos que desean mejorar el tráfico en su zona evitando las molestias que el ruido y el humo excesivo pueda ocacionar, transportistas que realizan maniobras para estacionarse o realizar alguna maniobra extra y estudiosos de los sistemas de tráfico multiagentes.

Con respecto a esto, podemos mencionar tres tipos de modelación, el macroscópico el mesoscópico y el microscópico. Los modelos macroscópicos se enfocan en captar características globales y métodos agregativos que involucran relaciones entre la velocidad de los vehículos, flujo y densidad de tráfico. Los modelos mesoscópicos utilizan métodos estadísticos para expresar la probabilidad, de que alguno de ellos se encuentre en cierto momento en una posición determinada. Finalmente los modelos microscópicos tratan de modelar el tránsito describiendo el comportamiento individual de cada uno de los mismos. Este comportamiento se ve afectado con el comportamiento de los que se encuentran muy cerca de ellos mismos, lo que provoca que exista una interaccion entre todos al mismo tiempo, formando parte del sistema.

Dentro de los modelos microscópicos, se destacan los modelos *car-following* (Papageorgiou, 1983) y los basados en agentes, en los cuales nos apoyaremos para desarrollar el presente estudio.

Este trabajo se basa en el paradigma de la Modelación Basada en Agentes, que como ya se mencionó es una herramienta que han adoptado los estudiosos de los Sistemas Complejos. Esto de manera práctica significa la implementación de un programa de cómputo diseñado para modelar el comportamiento de vehículos alrededor de cruceros, glorietas, contraflujos, de una ciudad, mediante el cual se pueda observar la formación de congestionamiento vehicular en dichos lugares. Por ello ponemos aquí una breve reseña del estado del arte de modeladores de este tipo en existencia en el mercado.

1.- *TransCAD* es un sistema de información geográfica (SIG) diseñado especialmente para profesionales de transporte con el objeto de almacenar, mostrar, y analizar datos de transporte[[1]](#footnote-1).

2.- *TransModeler* puede simular toda clase de redes viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad[[2]](#footnote-2).

3.- *Aimsun*, simulación microscópica, mesoscópica y macroscópica en una misma aplicación de software; una única representación de la red; una única base de datos de los objetos simulados y los datos de soporte; y un archivo con el modelo[[3]](#footnote-3).

4.- *Arena*, Software de simulación. Las empresas puedan modelar y evaluar prácticamente todos los aspectos de su red logística[[4]](#footnote-4).

5.- *ArcGIS*, Combina los datos con mapas acreditados del sistema Esri (Enviromental Systems Research Institute) es una empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica (GIS) y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial. Tiene su sede en California, EE. UU. La popularidad de sus productos ha supuesto la generalización de sus formatos de almacenamiento de datos espaciales en el campo de los Sistemas de Información Geográfica vectoriales, entre los que destaca el *shapefile*. Su producto más conocido es ArcGIS. Sobre cientos de temas[[5]](#footnote-5).

6.- *PTV Traffic planning*. Este software cubre toda la gama de la planificación del tráfico - desde la planificación estratégica y la modelización del tráfico al transporte público, el vehículo y la simulación peatonal[[6]](#footnote-6).

Algunas Instituciones Educativas desarrollan Software para la modelación de tráfico los cuales son:

7.- *CATT Lab*. De la universidad de Maryland. Analizando los datos de seguridad para determinar la causa de los accidentes e identificar lugares de alto índice de accidentes, ayuda a mejorar la seguridad vial y reducir la gravedad de los mismos[[7]](#footnote-7).

8.- *TRL Software*. Analiza datos grandes, los vehículos autónomos y energía eléctrica inductiva a los sistemas de transporte masivo, trenes ligeros, y la integración del transporte multimodal[[8]](#footnote-8).

Todos estos los compararemos con el software propuesto que además de ser libre, tiene muchas aplicaciones para otras áreas del conocimiento y es muy práctico de programar.

Capítulo 1.

Fundamentos teóricos de tráfico Vehicular.

En este apartado, consideraremos de manera general el desarrollo así como las características de las vialidades con las que cuenta la ciudad, y veremos la manera en la cual las instituciones de gobierno y otras consideran a las mismas.

Se entiende por *camino*, aquella franja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad. Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial, por lo que su magnitud y calidad representan uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. Se encontrará siempre que un país de un alto nivel de vida tendrá un excelente sistema vial, un país atrasado tendrá una red deficiente.

“*El diseño geométrico de las carreteras y calles, incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal*” (Cal y Mayor, 2004; 98), de ahí que sea importante conocer cada una de las vialidades en las cuales vamos a estar desarrollando nuestro trabajo.

**Generalidades**.

El Distrito Federal tiene una extensión territorial de 1,495 Km2, por ello es la entidad federativa más pequeña a nivel nacional, “*La superficie de Distrito Federal, forma parte de la provincia: Eje Neovolcánico. El relieve lo definen principalmente una sierra y un valle, la primera se localiza al oeste, extendiéndose del noroeste al sureste y la conforman rocas de origen ígneo extrusivo o volcánico (se forman cuando el magma o roca derretida sale de las profundidades hacia la superficie de la Tierra) producto de la formación de volcanes como: Tláloc, Cuautzin, Pelado, Teuhtli, Chichinautzin y el de mayor altitud: cerro la Cruz de Márquez o Ajusco con 3 930 metros sobre el nivel del mar. En el centro-oeste, hay un lomerío que separa al valle que se extiende desde el centro hasta el este, en este punto se localiza la altura mínima con 2 300 metros. La planicie del valle es interrumpida por el cerro de Chapultepec, cerro de la Estrella, volcán Guadalupe y Cerro del Chiquihuite. En las cercanías de la localidad San Andrés Mixquic, hay un lomerío que se extiende de noroeste a sureste”[[9]](#footnote-9).*

Con estas características la Ciudad de México tiene grandes cantidades de desplazamientos generados en ella misma, se debe, fundamentalmente, a la enorme concentración de población en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, “29 millones de habitantes” (inegi, 2011b), “con una flota vehicular en el 2008 de 4.5 millones de vehículos” (sma-df, 2010b), con un índice de motorización de 157 vehículos por cada mil habitantes, la Zona Metropolitana del Valle de México se caracteriza por su desaceleración industrial y la consolidación de un sector para la prestación de servicios regionales y nacionales, es el centro financiero del país y sede de las principales empresas nacionales y extranjeras que operan en México.

*“Esta concentración de habitantes, de automóviles, de vialidades, etc., al mismo tiempo, causa y efecto de la oferta y demanda de bienes, servicios y empleos. Baste señalar que la tercera parte del producto interno bruto del país está concentrado en la* Zona Metropolitana de la Ciudad de México*”* (Islas, 2000).

Históricamente las ciudades algomeran una población que busca bienes y servicios accesibles de manera cada vez mas fácil, por lo que una ciudad es mas útil para sus habitantes en la medida de que se dé esta facilidad de acceder a estos bienes y servicios. Las vías de transporte facilitan esto, por lo que su trazado cobra mucha relevancia.

En la Grecia antigua, a *Hipodamo de Mileto* se le reconoció como uno de los primeros urbanistas y planeadores de ciudades en documentar su trabajo, considerándosele como el padre del esquema en forma de “rejilla” cuadriculada en las vialidades para ciudades (ver https://es.wikipedia.org/wiki/Plan\_hipodámico). Por siglos este esquema se ha utilizado con muy pocas variaciones, hasta llegar a nuestros dias. Fue preferido por su simplicidad y porque comunicaba de manera fácil muchos puntos de una ciudad. Desafortunadamente este esquema de trazado de calles no es el ideal cuando se tiene una cantidad grande de vehículos, ya que favorece los problemas de congestión.

Pero ciudades como la de México, en su trazado de vias de transporte, incorporan no solo retículas hipodámicas, donde fue posible su trazado por los conquistadores y planeadores urbanos que les siguieron, también tienen el problema de la incorporación de pueblos originarios, contando estos con sus propios trazados y que no necesariamente coincidían con los de la zona central que los incorporaría. Tienen también el problema de los “accidentes geográficos”, como cauce de rios, colinas y laderas, zonas lacustres, etc., que hacen que el trazado, en ocasiones hipodámico, se modifique para ajustarse alrededor de estos accidentes. Todavía peor, trazados como el de la Ciudad de México también incluyen zonas incorporadas a la ciudad sin ningún tipo de planeación, tomando en cuenta los aspectos globales, sino solamente la necesidad inmediata y caprichos de sus habitantes (o dirigentes) de aquel entonces. Todo esto da como resultado, sólo considerando el trazado de las vialidades, una multitud de problemas del tipo “cuellos de botella” para la circulación actual.

Las “grandes decisiones” como el trazado de “ejes viales”, circuitos periféricos, etc. Aliviaron parcialmente estos problemas, aunque debido a que el problema principal no es el mal trazo de una ciudad sino su sobrepoblación y la mala distribución de esta, nos atrevemos a pensar que ninguna solución vial, por muy grande que fuera, puede aliviar todos los tipos de problemas de tráfico.

El conocimiento de las redes complejas, sin embargo, nos dá cierta esperanza en cuanto a posibles mejoras para estos problemas. ¿Por qué si naturalmente una ciudad tiende a crecer por zonas que se van añadiendo como “ramificaciones”, los urbanistas insisten en realizar trazos con geometrías clásicas como la hipodámica?

Esto incluso puede ser tema para otro trabajo de tésis, pero aquí buscaremos analizar las cosas no a nivel global, como bosquejamos, sino más a nivel microscópico, a lo que cada quien puede ver a su alrededor. Y por supuesto, el trazado de las vialidades no es el único problema en el tráfico vehicular.

Hemos coniderado algunos de los elementos que componen las vías, su desarrollo histórico y su adecuación a los espacios de circulación en la época actual, la problemática que enfrentan es sin lugar a dudas una cuestión espacial y de dimensiones, las cuales debieron ser adaptadas para el uso de los vehículos automotores, esto nos lleva a considerar la manera en la cual enfrentar esta problemática. Abordarlo es todo un reto, ya que las condiciones tanto geográficas como sociales tienen mucha importancia, para ello hechamos mano a uno de los modelos que nos pueden aportar mucho conocimiento del comportamiento de los vehículos en las mencionadas vías. Estos son:

**Modelos de simulación de tráfico microscópicos**.

“*Modelos de microsimulación: Este modelo permite observar el movimiento de cada vehículo. Los vehículos pueden ser rastreados a través de la red y sus trayectorias tiempo-espaciales, pueden ser trazadas. El comportamiento incluye la aceleración, desaceleración, cambios de carril, maniobras de rebase, movimientos de vuelta y la aceptación de espaciamiento individual de un elemento y cómo este comportamiento afecta todo el sistema debido a las interacciones con el sistema en su totalidad. Son de gran utilidad por lo complejo de los sistemas urbanos”* (Vergara-Zuker. Et. al.; 2013).

La simulación Microscópica es usada para estudiar la relación entre el comportamiento de los individuos y un fenómeno global. Este modelo aplica para diferentes objetos individuales (vehículos, animales, humanos), que determinan el comportamiento de ciertos fenómenos globales, como por ejemplo el comportamiento del tráfico vehicular.

Los modelos de tráfico han sido construidos usando analogías con flujo de fluidos. Esto asume que cada camino en una red puede ser representado por un enlace que tiene una cierta capacidad de circulación. Este modelo es útil para los sistemas donde el flujo es libre, pero no son muy eficientes cuando el flujo tiene interrupciones, tal como es el caso del problema del tráfico.

Los modelos tradicionales, también asumen que la demanda de tráfico entre un origen y un destino mantiene un valor constante, lo cual no se cumple en la mayoría de los casos, la demanda de la red es dinámica y no existe un estado de equilibrio.

La simulación microscópica de tráfico resuelve estos problemas, dado que el movimiento de cada vehículo a través de la red es simulado de manera independiente. Donde cada vehículo (agente) es modelado de acuerdo a sus características y tiene un comportamiento individual indeterminado tal como ocurre en el mundo real.

“*El modelo microscópico de simulación de tráfico permite a los ingenieros del tráfico obtener una visión continua del estado del tráfico bajo ciertas condiciones determinadas. Como podemos observar la simulación microscópica de tráfico es usada para la evaluación en paralelo de la operación de una calle cubriendo objetivos como el estudio del control dinámico del tráfico, la administración de incidentes, la construcción de estrategias de mejor ruta en tiempo real, y el control dinámico de las señales en las intersecciones*” (Rodríguez-Ardila: 2002).

**Fundamentos de Vías.**

Los caminos cumplen la función de ser vías de comunicación por las que se transportan personas y bienes entre dos puntos geográficos. Es conocido el hecho de que la eficiencia en los caminos, es un factor de suma importancia para la prosperidad de una región en el sentido de estar comunicado con el entorno y un poco más allá de sus límites geográficos.

En las últimas décadas se ha comprobado a nivel mundial, una tendencia migratoria de grandes masas de población hacia los centros urbanos, esta migración ha producido un rápido crecimiento de las ciudades y, conjuntamente con este comportamiento, el número de vehículos ha crecido en una progresión geométrica, lo que ocasiona como en su momento mencionaremos, la saturación de las vías.

En estas circunstancias, muchas áreas de las ciudades sufren concentración y cambios en el uso de suelo y la demanda de tránsito ha crecido sin que exista la posibilidad de que aumente proporcionalmente la infraestructura vial, debido a las altas inversiones requeridas y a la limitación de los espacios.

El sistema vial es el principal soporte de los flujos generados por las actividades urbanas y es también el principal estructurador de las ciudades, determinando la localización de las actividades urbanas y sus limitaciones de expansión.

“*Un sistema vial urbano desempeña dos funciones principales”:*

* *Da acceso a las propiedades colindantes.*
* *Permite la circulación, creando los intercambios entre las diversas funciones que se desarrollan en una ciudad y facilita la movilización de sus habitantes.*

*La mayoría de los problemas relacionados con el incremento de los accidentes y el deterioro ambiental, provienen de conflictos entre las funciones de acceso y circulación.*

*Para una mejor atención a las necesidades de desplazamiento de la población, es recomendable que la red vial sea estructurada en sistemas, donde las funciones de acceso y circulación asuman proporciones variables.*

*Como un principio básico en la planeación del desarrollo de las ciudades, la noción de jerarquización vial debe utilizarse, con el objeto de dar organización a la estructura vial.*

*Los principales aspectos funcionales que definen la clasificación de una via urbana son:*

* *El tipo de tránsito que permite.*
* *El uso de suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales.*
* *El esparcimiento (considerando a la red vial en su conjunto).*

*De acuerdo a las diversas etapas de un proceso de clasificación, los criterios a ser establecidos se relacionan con:*

* *Funcionamiento de la red vial;*
* *Nivel de servicio y operación vial;*
* *Características físicas.*

*El subsistema vial primario debe constituir una estructura celular, que aloje en su interior y conecte entre sí al conjunto de núcleos que forman la ciudad. Las vías que componen esta red están destinadas a desplazamientos de más longitud y de mayor volumen de tránsito, de la manera más expedita que sea posible; uniendo los distintos sectores de la ciudad y asegurando la conexión entre la ciudad y la red nacional de carreteras. Tienen como fin secundario el acceso a las propiedades colindantes.*

*El subsistema secundario tiene como función principal, el distribuir el tránsito de las propiedades colindantes al subsistema primario o viceversa. Los desplazamientos son cortos y los volúmenes del tránsito vehicular son de menor importancia.*

*Conforme a lo anterior, las Vías Urbanas se clasifican en:*

* *Subsistema vial primario*
* *Vías de acceso controlado*
* *Arterias*
* *Subsistema secundario*
* *Calles colectoras*
* *Calles locales*” (SEDESOL; 1993).

El reglamento de tránsito de DF en su artículo 2° frac. XIII, menciona: “*Vía Pública, todo espacio terrestre de uso común delimitado por los perímetros de las propiedades y que esté destinado al tránsito de peatones y vehículos, así como a la prestación de servicios públicos y colocación de mobiliario urbano*”

“*Esta clasificación está vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por si el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:*

* *Velocidad de diseño;*
* *Características básicas del flujo que transitará por ellas;*
* *Control de accesos y relaciones con otras vías;*
* *Número de carriles;*
* *Servicio a la propiedad adyacente;*
* *Compatibilidad con el transporte público; y,*
* *Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías.*

*El crecimiento de los centros urbanos se ve facilitada por su accesibilidad, que a su vez va a crear una gran demanda en términos de medios de transporte. Este simple hecho significa que los enfoques de modelado deben considerar el acoplamiento entre diversos factores socio-económicos, un esfuerzo que ya se ha llevado a cabo por los geógrafos, economistas e investigadores de transporte, pero en el que las redes complejas siguen desempeñando un papel menor.*

*Cabe destacar que este tipo de estudios nos permiten ganar un poco de comprensión de las características globales del tráfico sin necesidad de un conocimiento preciso de la estructura de red. Por otra parte, un modelo teórico de tráfico en redes a gran escala no puede descuidar la topología global del sistema. En esta zona la mayor parte de la actividad de modelado tiene que ver con la auto-similitud del tráfico y la aparición de la congestión en las redes tecnológicas como Internet*” (Barrat et al. 2008: 246). \*\*\*\*

Bajo estos criterios y en el contexto que ya hemos mencionado con respecto a la historia del lugar y la forma en como se fue construyendo la vialidad, pasaremos a conocer la manera en la cual está regulada la circulación de la misma.

**Normatividad**.

“*Los elementos con que se cuenta para una vía, estan dados por las Señales Preventivas, las cuales tienen como función dar al usuario un aviso anticipado para prevenirlo de la existencia, sobre o a un lado de la carretera o calle, de un peligro potencial y su naturaleza. Así se cumple con la Regla de Oro del Tránsito que dice: que no deben existir cambios bruscos*. *La señal por si misma debe provocar que el conductor adopte medidas de precaución, y llamar su atención hacia una reducción de velocidad o a efectuar una maniobra con el interés de su propia seguridad o la de otro vehículo o peatón*” (Cal y Mayor, 2004; 118).

“*Las señales son placas, fijadas en los postes o estructuras, con símbolos, leyendas o ambas cosas, que tienen por objeto prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, determinadas restricciones o prohibiciones que limiten sus movimientos sobre la calle o camino, así como proporcionarles la información necesaria para facilitar sus desplazamientos.*

*Las señales, en general, serán aplicables a toda la anchura de la calzada. No obstante, su aplicación podrá limitarse a uno o dos carriles, determinados con precisión mediante marcas longitudinales en el pavimento.*

*Las señales se usarán, únicamente, en donde estén apoyadas por hechos y estudios de campo, y son esenciales en donde se apliquen restricciones especiales para lugares específicos, para lapsos de tiempo determinados donde los peligros no sean evidentes por sí solos. También proporcionan información como los números de las rutas en los caminos, direcciones de tránsito, destinos y puntos de interés.*

*En cuanto a su función las señales se clasifican en:*

1. *Preventivas*
2. *Restrictivas*
3. *Informativas*” (SUBSECRETARIA, D. D. U. Y. O., & TERRITORIO, D. 2001)

*\*\*\*\**

Capítulo 2.

Modelo basado en agentes.

Los modelos basados en agentes representan un campo de investigación relativamente reciente, que se encarga del estudio de sistemas complejos desde la perspectiva de la interacción entre las entidades (agentes) que los conforman así como de la interacción que éstas tienen con su entorno. Dentro de esta tesis se hace uso de este enfoque con el fin de facilitar el aprendizaje de estrategias de los agentes interactuando con el medio.

**Concepto y características de los modelos.**

Un *modelo* es una representación de la realidad en la cual se observan cada unode los elementos que la componen, y seleccionando los elementos que nos interesan de la misma, en el caso que nos ocupa, tomamos los comportamientos de los vehículos. No vamos a medir la cantidad de CO2 que originan los autos, ni la cantidad de personas que circulan por el lugar, y en los comortamientos vamos a tomar lo que ocurre cuando un auto circula y se encuenta con barreras u ostaculos, estos detalles los mostramos más adelante. (Munizaga, 2000).

En el modelo vamos a considerar cuatro condiciones principales: 1) Seleccionar las características o elementos relevantes de una realidad, esto es el comportamiento de los vehículos al circular en las vías de tránsito; 2) Los medios que son elegidos para representarla, en este caso utlizaremos la MBA y las redes; 3) Para qué sirven los modelos, en donde representaremos algunos de los elementos viales relevantes para la Ciudad, y 4) De qué están hechos los modelos, donde mostraremos una propuesta de modelo de tráfico vehicular utilizando los elementos antes mencionados, es decir, MBA y redes.

**Funciones de los modelos.**

Con respecto a para qué sirven –a su función metodológica y lo que nos pueden aportar-, los modelos se pueden ordenar según sus objetivos hacia el *conocimiento* (teoría física, modelos económicos y sociales), o hacia la *operación* (planificación, diseño, construcción). Se distinguen, con respecto a su función metodológica, cuatro tipos, que también se orientan crecientemente, desde aspectos descriptivos, a la determinación de medios y objetivos de acción los cuales se establecen de acuerdo con lo que queremos observar de la realidad.

* *Los modelos descriptivos,* que se orientan a la observación y comprensión de la realidad, sea como proceso o como fenómeno, a su explicación de causa y efecto.
* *Los modelos predictivos*, cuya intención principal es predecir el futuro. Estos modelos representarían las formas en que la realidad está cambiando.
* *Los modelos explorativos*, en que se extrapolan y varían los parámetro básicos de la realidad observada, para formular o descubrir otras realidades.
* *Los modelos de planificación*, en que, con objetivos operacionales, se determinan criterios de optimización sobre los medios para lograr los objetivos o programas preestablecidos sobre una determinada realidad.

Otra característica de los modelos se refiere al modo como están hechos. Su grado relativo de abstracción, los medios de representación que se eligen y su formulación material o conceptual.

Se presentan dos tipos fundamentales: los *modelos físicos* y los *modelos o teorías conceptuales*. En los primeros, las características de la realidad están representadas por características *materiales* similares; se distinguen entre ellos, los modelos *físicos icónicos* y *análogos*.

* *En los modelos físicos icónicos*, las propiedades son representadas con un cambio de escala y en algunas de sus propiedades (maquetas, fotografías isométricas, imágenes). Tipos y Arquetipos son modelos icónicos.
* *En los modelos físicos análogos*, las propiedades del mundo real son representadas con mayor abstracción y de acuerdo a las reglas de transformación (mapas, planos, gráficos, esquemas).
* *En los modelos conceptuales*, estas características relevantes están representadas por conceptos, y se distinguen modelos verbales y matemáticos. Los modelos conceptuales se representan por medio del lenguaje o símbolos.
* *El modelo conceptual verbal*, utiliza palabras escritas u orales, dentro de una sintaxis lógica. Los modelos *conceptuales matemáticos*, en cambio, utilizan símbolos y establecen relaciones expresadas en términos de operaciones. Los modelos matemáticos presentan un importante desarrollo en ciencia urbana, sean como técnicas estadísticas, como sistema de ecuaciones, como modelos de simulación, con variables libres y algoritmos, ambos utilizando computación. Para efectos de este proyecto este es el tipo de modelo que utilizaremos en el desarrollo de este planteamiento.

En los diferentes modelos urbanos que se expondrán, encontraremos representadas estas categorías. Los modelos, en sus diferentes acepciones, se refieren a tráfico vehícular. Todos abordan fenómenos que son parte del proceso urbano.

**Modelación de Sistemas Basados en Agentes**

Para poder establecer lo que es un modelo basado en agentes, debemos primero definir que es un agente, ya que este término lo estaremos utilizando frecuentemente:

*Agente*: es una endtidad computacional con un conjunto de características y atributos. Es autónoma, con un conjunto de reglas que gobiernan su comportamiento y su capacidad de tomar decisiones y con protocolos de comunicación. Responden a su entorno e interactúan con otros agentes. Son diversos y heterogéneos. Además los agentes aprenden y podemos modficar su comportamiento, y ver lo que realizan con el paso del tiempo.

Propiedades de un agente:

* *Autonomía*: Un agente es autónomo y auto dirigido. Un agente puede funcionar de manera independiente en su entorno y en sus interacciones con otros agentes, generalmente en una gama limitada de situaciones que son de interés y que surgen en el modelo, además de que tienen capacidad de respuesta basado en sus percepciones y conocimientos que le permiten alcanzar el objetivo que tenga planteado.
* *Modularidad*: Los agentes son modulares. Los requerimientos de modularidad implican que un agente tiene un límite que se establece en el momento en el cual se establecen sus funciones, y uno puede determinar fácilmente si algo (es decir, un elemento del estado del modelo) es parte o no de un agente, o es una característica compartida entre los agentes.
* *Sociabilidad*: Un agente es social e interactúa con otros agentes, esto implica cooperación o egoísmo. Incluyen protocolos comunes de interacción entre agentes, peleas por el espacio y para evitar colisiones, reconocimiento de agentes, comunicación e información de cambio, influencia, y otros tipos de dominio o mecanismos específicos de la aplicación.
* *Condicionalidad*: Un agente tiene un estado que varía con el tiempo. Así como un sistema tiene un estado que consiste en la colección de variables de sus estados, un agente también tiene un estado que representa su condición, las variables esenciales asociadas a su situación actual. Estado de un agente consiste en un conjunto o subconjunto de sus atributos.
* *Proactividad*: El hecho de que un agente tome la iniciativa para alcanzar su objetivo.
* *Personalidad*: Forma el “carácter” del agente, y constituye las reglas que seguirá el agente en cuanto a su sociabilidad.

Estas características, que no siempre son todas imprescindibles, hacen de los agentes, una herramienta perfecta para utilizar en el ámbito de la simulación de tráfico que es el caso que nos ocupa.

**Técnicas de simplificación de modelos**

Cuando se analiza y se hace una síntesis sobre un sistema, se hace una simplificación que permite abstraer el sistema y representarlo con un modelo donde aparezcan sus principales características o elementos que tomaremos en cuenta de nuestra realidad, y su comportamiento en relación a un objetivo en estudio.

Una vez construidos los modelos de las partes entonces se trata de combinarlos, esto es, las interacciones de cada uno con el medio asi como sus comportamientos, lo que implica sintetizar a partir de partes relativamente simples un modelo aproximado de una situación más compleja. Antes de combinar (sintetizar) es necesario validar y verificar las relaciones. Para poder plantear nuestro modelo consideraremos lo siguiente:

El procedimiento general para modelar es:

1. Establecer claramente los objetivos de la problématica observada.

2. Dividir el problema total en problemas más simples, esto nos permite establecer correctamente lo que vamos a observar de todo el sistema.

3. Buscar analogías, nos permite “comparar” con otros modelos ya existentes.

4. Realizar tomas “fotográficas” o realizar diagramas para fortalecer nuestro sistema a observar.

5. Escribir todos los datos o la información con la que contemos de la zona o zonas a modelar que se requieran para establecer una aproximación más certera de nuestra problemática.

6. Si el modelo es manejable o simple, entonces enriquecerlo, de acuerdo con los datos con los que contamos o buscar si es que nos hace falta. Si no lo es, se debe simplificar, esto puede ser;

* Convertir en constantes algunas variables.
* Eliminar o combinar variables.
* Suponer linealidad o promedios.
* Agregar suposiciones y restricciones más "fuertes".
* Reducir los límites del sistema.

Un modelo debe ser fácil de entender por el usuario o usuarios a los cuales les puede interesar la herramienta de modelación.

**Estructura de un modelo basado en agentes:**

1. Agentes, con sus propiedades y comportamientos.

2. Relaciones entre agentes y los métodos de interacción. Una topología subyacente de conexión que define cómo y con cuáles agentes interactuar esto nos determinará la forma en la cual interactúan los mismos.

3. Medio ambiente de los agentes. Los agentes viven e interactúan con su entorno, además de otros agentes.

* Dirigido a objetivos claros establecidos de acuerdo a lo que queremos observar.
* No debe dar respuestas absurdas, la información que se obtenga nos debe aportar datos que podamos interpretar.
* De fácil comunicación.
* Debe describir todo lo importante y si fuera posible un poco más.
* Adaptable y, por consiguiente, fácil de modificar.
* Evolutivo, implica sencillo al principio y cada vez más complejo (a medida que el usuario aprende a manejarlo) ya que le podemos agregar más elementos.

Aunque hay pocas reglas firmes sobre como uno debe avanzar en el proceso de modelado, un punto en el que la mayoría de los autores coinciden, es que siempre es una buena idea comenzar con un modelo que es sólo moderadamente detallado, el cual más tarde puede hacerse más sofisticado si es necesario.

Un modelo debe contener solo suficiente detalle en principio para capturar la esencia del sistema para los propósitos mediante los cuales el modelo fue pensado; no es necesario tener una correspondencia uno a uno entre elementos del modelo y elementos del sistema.

**Ventajas y desventajas de la simulación.**

Algunas posibles ventajas de la simulación son:

* La mayoría de los sistemas complejos del mundo real con elementos estocásticos no pueden ser descritos precisamente por un modelo matemático que pueda ser evaluado analíticamente. Así, una simulación es comúnmente el único tipo de investigación posible.
* La simulación le permite a uno estimar el *performance* de un sistema existente bajo algún conjunto proyectado de condiciones operativas.
* Los diseños de sistemas propuestos alternativos (o políticas operativas alternativas para un sistema) pueden ser comparadas vía simulación para ver cuál satisface mejor un requerimiento específico.
* En una simulación podemos mantener mucho mejor control sobre las condiciones experimentales, que lo que generalmente sería posible cuando experimentamos con el sistema en sí mismo. Es decir podemos observar en el escritorio, lo que en campo nos puede tomar días.
* La simulación nos permite estudiar un sistema con un largo horizonte de tiempo (por ejemplo el modelo que nos ocupa) en un tiempo comprimido, o alternativamente estudiar los funcionamientos detallados de un sistema en un tiempo expandido.
* El ahorro horas-hombre es mucho mayor ya que solo requerimos observaciones en el sitio y datos para el desarrollo de nuestra simulación.

Algunas desventajas de la simulación son:

* Cada ejecución de un modelo de simulación estocástico produce sólo estimaciones de las características reales de un modelo para un conjunto particular de parámetros de entrada, de ahí la importancia de contar con datos reales de nuestro problema. Así, se requerirán varias corridas independientes del modelo para cada conjunto de parámetros de entrada a ser estudiado. Por esta razón, los modelos de simulación no son tan buenos en optimización como lo son en comparación de un número fijo de diseños de sistemas alternativos especificados.\*\*\* Por otro lado, si un modelo analítico es apropiado, puede fácilmente producir las características reales exactas del modelo para una variedad de conjuntos de parámetros de entrada. Así, si un modelo analítico válido está disponible o puede ser desarrollado en forma simple, este será preferible a un modelo de simulación.
* Los modelos de simulación son comúnmente costosos y consumidores de tiempo para desarrollar.
* El gran volumen de números producidos por un estudio de simulación o el impacto persuasivo de una animación realística, por lo general crean una tendencia a tenerle mayor confianza al resultado de un estudio. Si un modelo no es una representación válida de un sistema bajo estudio, los resultados de la simulación, sin importar lo impresionantes que parezcan, proveerán poca información útil sobre el sistema actual.
* En algunos estudios, tanto la simulación como los modelos analíticos podrían ser útiles. En particular, la simulación puede usarse para chequear la validez de suposiciones necesarias en un modelo analítico. Por otro lado, un modelo analítico puede sugerir alternativas razonables para investigar en un estudio de simulación.

**Riesgos al momento de realizar una Simulación**

Asumiendo que se ha tomado una decisión prudente de utilizar la simulación, por facilidad de uso, existen varios riesgos a lo largo del camino hacia la terminación exitosa de un estudio de simulación que deben ser tomados en cuenta. Estos riesgos son:

* Los objetivos no estan bien definidos al comienzo del estudio de la simulación.
* Inapropiado nivel de detalle del modelo.
* Tratar un estudio de simulación como si éste fuera principalmente un ejercicio complicado de programación.
* Usar software de simulación comercial que puede contener errores o cuyas sentencias pueden no estar bien documentadas y pueden no implementar la lógica de modelado deseada.
* Fallar en no tener en cuenta correctamente los orígenes de la aleatoriedad en el sistema actual.
* Analizar los datos de salida de una corrida de simulación usando fórmulas estadísticas que suponen independencia.
* Realizar una repetición simple de un diseño de sistema particular y tratar las estadísticas de salida como las “respuestas reales”.
* Comparar diseños de sistemas alternativos sobre la base de una repetición para cada diseño. \*\*\*\*

**Fundamento de Redes.**

*“La correcta planeación de una red de transporte influye en tres aspectos principales del sistema:*

* *En el desempeño*
* *En la atracción de usuarios*
* *En la operación*

*Esto obliga a cumplir con tres metas principales al diseñar nuestra red, siendo éstas:*

* *Transportar al máximo número de pasajeros*
* *Lograr la máxima eficiencia operativa y con ello buscar los costos mínimos para un determinado nivel de desempeño*
* *Tener presente los impactos que se inducen en los patrones de uso de suelo así como en las metas sociales que la comunidad busca cumplir*

*Estructura física de la red*

*Un sistema de transporte se encuentra integrado por una variedad de líneas y rutas que en su conjunto conforman a la red de transporte de una ciudad. Es por ello que primeramente se tratará la estructura física de las rutas y posteriormente la conjunción de rutas en la red.*

*Estructura física de las rutas.*

*Se pueden distinguir 5 tipos fundamentales de rutas:*

*Radiales. Es el tipo común y un gran número de ciudades se han desarrollado en función de este tipo de rutas. Predominan en ciudades pequeñas y medias al estar la mayor parte de sus viajes canalizados a un centro de actividades o centro histórico. En ciudades mayores a 300,000 habitantes este tipo de rutas empieza a ser insuficiente ya que concentra los movimientos y no considera las necesidades que se presentan entre otras áreas urbanas. Esto induce a que la distribución del servicio se encuentre limitada a ciertas áreas de la ciudad y concentre las terminales en las zonas de mayor densidad.*

*Diametrales. Por lo general, al desarrollarse la red de transporte y crecer la ciudad, un primer ajuste que se realiza es la conexión de dos rutas radiales, mismas que conforman una nueva ruta que pasa por el centro y conecta dos extremos de la ciudad.*

*Con esta conexión se logra una mejor distribución del servicio y evita la concentración de terminales en los centros históricos o de actividades, lográndose una mayor eficiencia. Sin embargo, se debe tener presente la necesidad de que exista un balance en la demanda a ambos extremos de la ruta ya que en caso contrario la operación y la asignación de oferta se dificulta con las consecuentes desbalances en la relación oferta-demanda. Asimismo, la longitud de la ruta puede ocasionar demoras y cargas desbalanceadas.*

*Tangencial. Son rutas que pasan a un lado del centro de actividades o centro histórico de una ciudad. Este tipo de rutas solo es recomendable en las grandes ciudades debido a la menos demanda que ellas presentan. Un ejemplo claro la representa la línea 4 del metro de la Ciudad de México o la Línea 1 del tren ligero de Guadalajara.*

*Rutas de lazo en su extremo. Son rutas de configuración radial en las que se presenta un lazo en uno de sus extremos lo que induce a contar con una sola terminal. Es necesario buscar una coordinación para lograr un mismo intervalo en la porción que conforma el lazo.*

*Circulares. Por lo general, sirven de rutas conectoras con las radiales, permitiendo una mejor distribución de los usuarios así como una mejor utilización del parque vehicular. En este caso, se eliminan las terminales, pero presentan el problema operativo de no poder recuperar tiempos perdidos. A su vez, pueden presentarse rutas en forma de arco o segmentos de círculo que no pasan por el centro de la ciudad”* (Molinero. 2005:210).

**Utilización de NetLogo**

*Netlogo es un entorno de modelado programable para simular fenómenos naturales y sociales. Fue escrito por Uri Wilensky en 1999 y ha estado en constante desarrollo desde entonces en el* *“Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling”*[[10]](#footnote-10).

Es particularmente adecuada para el modelado de sistemas complejos en desarrollo en el tiempo esto es a sistemas dinámicos los cuales son claramente sociales, físicos, entre otros. Los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de "agentes" todos los que operan de forma independiente como ya se hizo mención con las indicaciones que se requieran. Esto hace que sea posible explorar la conexión entre el comportamiento a nivel micro de los individuos y los patrones de nivel macro que surgen de su interacción.

Permite a los investigadores que lo utilizan, hacer simulaciones abiertas y "jugar" con ellas, la exploración de su comportamiento bajo diversas condiciones dadas por el ambiente o los escenarios que requiera nuestro programa. También es un entorno de edición que permite a los investigadores, crear sus propios modelos o modificar los existentes.

Tiene una extensa documentación y tutoriales. También viene con modelos en la Biblioteca, una gran colección de simulaciones pre-cargadas que pueden ser utilizadas y modificadas. Estas simulaciones abordan las áreas de contenido en las ciencias naturales y sociales, incluyendo la biología y la medicina, la física y la química, las matemáticas y la informática, y la economía y la psicología social. Varios programas de estudio basados en la investigación-modelación.

Funciona en todas las plataformas (Mac, Windows, Linux, y otros). Se ejecuta como una aplicación independiente. Los modelos y actividades HubNet se pueden ejecutar como applets de Java en un navegador web. También se admite la operación de línea de comandos.

Elementos de Sistema; Gratuito, de código abierto.

Elementos de Programación: Totalmente programable, Sintaxis accesible esto es que no requiere conocimientos de programación muy profundos, sólo básicos. Los agentes móviles (tortugas) se mueven a través de una rejilla de agentes estacionarios (parches).

Elemenos de Medio Ambiente: Centro de mando para el manejo de las corridas, botones, deslizadores, interruptores, selectores, monitores, cajas de texto, notas, área de salida. Ficha Información para anotar sus titulos con formatos de texto e imágenes. Supervisa de manera individual a cada agente, con sus características einteracciones. Sistemas dinámicos y 3D para el modelado de los mundos en 3D.

Elemetos de Pantalla y visualización: Gráficos de líneas, de barras y de dispersión. Control deslizante de Velocidad permite el avance rápido del modelo o verlo en cámara lenta. Se puede ver el modelo en 2D o 3D, así como formas vectoriales escalables y giratorias, incluidas las etiqetas de las tortugas y los parches.

**Modelos de Sofware de Tráfico Vehícular que existen en el mercado.**

En este punto vamos a mostrar algunos de los programas que existen en el mercado, que si bien no son libres, si se utilizan tanto en las empresas como en algunas universidades para modelar y desarrollar los modelos de tráfico.

1.-**TransCAD**

**Costo**.- 1 Año de TransCad Escolar, $ 2,400.00 Dolares. Es la presentación básica, solo incluyen los mapas.

**Actualizaciones**.- En cuanto a las actualizaciones se requiere comprar el servicio

**Prerrequisitos**.- TransCAD requiere beneficiarse de los procesadores más rápidos, y se recomiendan 4, máquinas de procesadores de uno y dos de 6 o de 8 núcleos con esas fichas para el funcionamiento de los modelos grandes. TransCAD y TransModeler tienen procedimientos de subprocesos múltiples claves que detectan automáticamente y se aprovechan de múltiples núcleos y múltiples CPUs.

Para ordenadores portátiles, se recomienda el más rápido Core i7 Haswell móvil de cuatro núcleos, ya que tienen la vida de la batería significativamente más tiempo y pueden ser casi tan rápido como un escritorio.

Memoria. Como TransCAD es una aplicación completamente de 64 bits, se recomienda 16 GB de RAM y 64 bits de Windows 7, aunque 6.4 GB será suficiente para muchos usuarios y también suficiente para la versión de 32 bits de TransCAD. Si desea ejecutar los modelos con más de 5,000 zonas o más, ~~usted~~ va a querer tener más memoria RAM disponible. La memoria máxima soportada por Windows 7 Professional es 192GB.

Disco Duro. Se recomienda 200 GB o más de espacio de almacenamiento en disco.

Monitor. Esto es muy dependiente de las preferencias del usuario. Se recomienda un 20 "o monitor más grande que puede mostrar al menos 1280x1024. Nos gustan los 24 paneles "de pantalla ancha que pueden mostrar 1920x1080.

**Plataforma.** Windows 8 (incluyendo 8.1), 7, XP Professional y Vista son compatibles. Las versiones más antiguas de Windows, incluyendo Windows 98, ME y NT, ya no son compatibles. Server versiones compatibles de Windows (2003, 2008, 2008R2, 2012, 2012 R2). Ahora estamos recomendando estos sistemas operativos de 64 bits para todas las nuevas máquinas, de modo que sean capaces de acceder a más memoria con la nueva versión de 64 bits de TransCAD 6.0. En Caliper, nuestro sistema operativo preferido es ahora de 64 bits de Windows 7 Professional.

**Breve descripción**. TransCAD es el primer y único sistema de información geográfica (SIG) diseñado específicamente para su uso por los profesionales del transporte para almacenar, visualizar, gestionar y analizar datos de transporte. TransCAD combina capacidades GIS y modelación de transporte en una única plataforma integrada, que proporciona capacidades que son incomparables por cualquier otro paquete. TransCAD puede usarse para todos los modos de transporte, a cualquier escala o nivel de detalle. TransCAD proporciona:

Un motor GIS de gran alcance con extensiones especiales para el transporte

Cartografía, visualización y análisis de herramientas diseñadas para aplicaciones de transporte

Los módulos de aplicación para el enrutamiento, previsión de la demanda de viajes, el transporte público, la logística, la ubicación del sitio, y la gestión del territorio

TransCAD tiene aplicaciones para todos los tipos de datos de transporte y para todos los modos de transporte, y es ideal para la construcción de información de transporte y los sistemas de soporte de decisiones. TransCAD se ejecuta en hardware fácilmente disponible en Microsoft Windows y abarca prácticamente todas las normas de cómputo de escritorio. Esto tiene dos ventajas importantes:

Puede adquirir e instalar TransCAD a un costo mucho más bajo que cualquier otra solución GIS y modelado integrado de transporte.

**Facilidad de programación y uso**. TransCAD le permite crear mapas usando sus propios datos o datos de otras fuentes. Se pueden representar los datos en un mapa, directamente desde un archivo dBase, un archivo tipo texto. Se pueden también rastrear imágenes de satélite, o fotos aéreas directamente para sus mapas. Estas imágenes pueden ser utilizadas como medio de referencia o en conducción con las herramientas del editor de mapas para crear o editar archivos geográficos.

Se pueden representar en mapas directamente archivos Esri, archivos MapInfo TAB, y tablas espaciales Oracle. Con los traductores incorporados, se pueden importar datos geográficos procedentes de otros SIG, y paquetes CAD, así como muchos otros formatos comunes de ficheros.

**Con que otros paquetes comparten datos**. TransCAD soporta más de 50 tipos de archivos y más de 100 formatos de GIS y CAD. Puede asignar archivos de forma ESRI, archivos MapInfo TAB, y Oracle Spatial o tablas de Microsoft SQL Server directamente, o utilizar los built-in traductores para importar datos geográficos de una variedad de otros paquetes de software y fuentes públicas. Esta amplia biblioteca de los importadores y exportadores es uno de los más grandes de la industria y viene sin coste adicional.

También puede utilizar las imágenes de mapa de bits, tales como el satélite o fotografías aéreas directamente en sus mapas. Maptitude incluye cajas de herramientas para acceder rápidamente a las imágenes on-line de OpenGIS Web Map Services y Google Earth. Estas imágenes se pueden utilizar como un medio de referencia o en conjunto con las herramientas de edición de mapa para crear o editar archivos geográficos.

Una interfaz integrada para dispositivos de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) le permite rastrear y registrar su ubicación y construir bases de datos geográficos a medida que trabaja. Con un GPS y un ordenador portátil, los usuarios en el campo pueden crear archivos geográficos precisos de los servicios públicos, instalaciones empresariales, las características geográficas y mucho más.

**Metodología que usan**. Crear y personalizar mapas, construir y mantener conjuntos de datos geográficos, y realizar diferentes tipos de análisis espacial. TransCAD incluye entidades GIS sofisticados como superposición de polígonos, zonas de separación, y geocodificación, y tiene una arquitectura de sistema abierto que soporta el intercambio de datos en redes LAN y de área amplia. Las redes de transporte están especializadas y las estructuras de datos que rigen el flujo a través de una red. Las redes se almacenan en una manera altamente eficiente, lo que permite TransCAD para resolver problemas de enrutamiento muy rápidamente. Las matrices contienen datos como la distancia, el tiempo de viaje, y los flujos origen-destino que son esenciales para muchas aplicaciones de transporte. TransCAD proporciona funciones para la creación y manipulación de matrices y herramientas para el análisis espacial y la visualización avanzada de datos de la matriz. Esta combinación le permite ver y entender los flujos de transporte y características de la red de maneras nuevas y diferentes. Rutas indican caminos tomados por los camiones, trenes, coches, autobuses, o personas que viajan de un lugar a otro. TransCAD incluye herramientas para crear, visualizar, editar y manipular rutas, y la tecnología de pantalla única para las rutas de asignación en forma clara y convincente. Puede organizar un conjunto de rutas relacionadas en una sola capa sistema de rutas, e incluir atributos de ruta, dejar de ubicaciones y los horarios de los vehículos. TransCAD le permite identificar la ubicación de las funciones de transporte como una distancia desde un punto fijo a lo largo de una ruta. TransCAD puede visualizar y analizar estos conjuntos de datos sin necesidad de conversión, e incluye funciones de segmentación dinámica de fusionar y analizar múltiples conjuntos de datos lineales-referenciada.

2.- **TransModeler.**

**Costo**.- $12,000 Dolares (first copy)

**Actualizaciones**. Gratuitas durante el período de un año a partir de la fecha de entrega.

**Prerrequisitos**. Mismos que TransCad.

**Plataforma**. Misma que TransCad

**Breve descripción**. TransModeler es un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. TransModeler puede simular toda clase de redes de viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Se puede animar el comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red.

**Facilidad de programación y uso**. TransModeler trabaja con software de pronóstico de demanda de viajes para suministrar una capacidad integrada para ejecutar análisis operacional de proyectos y planes de transporte. Los resultados de las simulaciones de tráfico pueden ser empleados para retroalimentar pronósticos de demanda de viajes.

Simula el comportamiento de cada vehículo cada décima de segundo. Los vehículos pueden variar sus características físicas o de rendimiento y puede ser adecuado a las necesidades del usuario. Se simula en detalle la aceleración, desaceleración, intervalo entre vehículos, cambios de carril, confluencias e incorporaciones, situaciones que pueden ser afectadas por el comportamiento del conductor, las características del vehículo o la geometría de la vía. Transmodeler incluye parámetros de defecto para los modelos más importantes de comportamiento. Sin embargo, el usuario puede cambiar estos parámetros fácilmente para calibrar el software a casos específicos.

**Con que otros paquetes comparten datos**. TransCAD, Synchro, shapefiles ESRI / geodatabases, Excel.

**Metodología que usan**. TransModeler puede simular también redes de área extensas con diferentes grados de fidelidad y con diferentes métodos de simulación. Además del micro simulador, TransModeler incluye simuladores mesoscópico y macroscópico.

**3.- Aimsun.**

**Costo**. No esta especificado en Internet, se debe consultar a un proveedor en Guadalajara.

**Actualizaciones**. Todos los usuarios con licencia pueden reportar bugs y tienen acceso a todas las actualizaciones menores del software y al Aimsun Forum, en el que los usuarios y nuestro propio equipo de consultoría pueden intercambiar información, sugerencias y consejos online.

**Prerrequisitos**. Sistema. Versión Windows®

•Windows® XP/Vista/7 (versiones 32- y 64-bit).

•2 GB de RAM (recomendados 4 GB)

•200 MB de capacidad de disco duro

•Monitor en color con resolución de al menos 1024×768

•1 ranura USB

•Dispositivo señalador compatible con Microsoft Windows®. Se recomienda un ratón con dos botones y rueda de scroll

**Plataforma**. Aimsun funciona en Mac OSX, Linux Ubuntu, Windows XP, Windows Vista y Windows 7. Multihilo: Para conseguir una velocidad invatible, Aimsun soporta 64bit, lo que permite manejar modelos muy grandes adaptable y extensible: Cambia Aimsun a tu gusto utilizando los estándares de la industria como Python y C++ de cuatro maneras diferentes.

**Breve descripción**. Simulación microscópica, mesoscópica y macroscópica en una misma aplicación de software; una única representación de la red; una única base de datos de los objetos simulados y los datos de soporte; y un fichero con el modelo.

Llevando la integración un paso más allá, nuestro simulador híbrido proporciona simulaciones microscópicas y mesoscópicas simultáneas, lo que permite simular grandes áreas para luego acercarse en las áreas que requieren un mayor nivel de detalle.

La unión de un modelo mesoscópico basado en sucesos con un microsimulador más detallado segmentado temporalmente ofrece un escenario que recoge lo mejor de ambos mundos, combinando un eficiencia computacional muy elevada con una representación precisa de las dinámicas de tráfico.

**Facilidad de programación y uso**.

•Creación de modelos, simulación y análisis de resultados en un único entorno

•Interfaz de usuario intuitiva, muy visual y adaptada al uso del ratón

•Vistas simultáneas en 2D y 3D (sólo en microsimulación)

•Resultados gráficos fáciles de visualizar

**Con que otros paquetes comparten datos**.

Aimsun se integra en el software existente y puede intercambiar datos con las herramientas de software más conocidas de CAD, GIS, simulación de tráfico, optimización de señales y control adaptativo:

**Metodología que usan**. Tanto las técnicas del Equilibrio Dinámico de Usuario (DUE) como los modelos de elección de carril estocásticos/diferenciados están disponibles en Aimsun en combinación con la simulación tanto microscópica como mesoscópica.

**4.- Arena. PTV Vissim.**

**Costo**. Hay una versión incompleta de esta versión para estudiantes que es gratuita, para laboratorio e industria se debe buscar a un proveedor el cual esta en Brasil.

**Actualizaciones**.

Vía Internet.

**Prerrequisitos**.

Unidad de disco duro con 4 GB de espacio libre en disco (o más)

4 GB de RAM (o más) de procesadores Intel® de doble núcleo (o más),

3 GHz o más rápido acceso a Internet para la instalación de activaciones FactoryTalk

Para Gráficos: Tarjeta gráfica debe tener 512 MB o más de tipo DDR3 dedicada o mejor memoria. A continuación se presentan las tarjetas de gráficos de ejemplo que cumplen con los requisitos mínimos:

**Plataforma**.

Arena es una aplicación de escritorio de Windows de 32 bits que también se ejecuta en sistemas operativos de 64 bits. Apoyamos los siguientes sistemas operativos:

• Microsoft® Windows® 7, Microsoft Windows Vista (SP2 or later)

• Microsoft Windows 8, Microsoft Windows 8.1

• Microsoft Windows XP Pro or Home (32-bit SP3, 64-bit SP2)

• Microsoft Windows Server 2008.

• Microsoft Internet Explorer, versión 6.0 o posterior. La versión 7.0 se recomienda para sistemas operativos Microsoft Windows 7 y Vista.

**Breve descripción**. Puede simularse la situación del tráfico a la perfección, tanto la comparación de operar con distintos tipos de intersecciones como el análisis de implementar medidas de prioridad al transporte público o el impacto de un distinto plan de semaforización. PTV Vissim, como software líder mundial para la simulación microscópica del tráfico, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Para ello, los modelos de comportamiento vehicular, científicamente desarrollados y validados, proporcionan una simulación realista de todos los agentes.

**Facilidad de programación y uso**.

El software de Arena se puede ejecutar en un solo procesador, multi procesador, y las computadoras de procesador multi-core; Sin embargo, sólo se puede ejecutar una instancia de Arena a la vez. La herramienta Arena Diseñador Visual aprovechará la capacidad multi-núcleo para mantener el gráfico con velocidad de actualización.

**Con que otros paquetes comparten datos**.

• Arena® simulation software, version 14.70.00

• Adobe® Acrobat Reader 9.1.0 o superior para ver documentos.

**Metodología que usan**. Arcos y conectores permite que los usuarios modelen geometrías de cualquier tipo, por muy complejas que sean. Las características de conductores y vehículos permiten una parametrización individual.

**5.- ArcGIS.**

**Costo**.

Se debe contactar al proveedor en México y después de la prueba de 30 días se establece si es para organización pública o privada, escuelas o laboratorio de investigación y después de un contrato se establece el precio.

**Actualizaciones**.

El soporte técnico se incluye como parte de la suscripción, vía email.

**Prerrequisitos**.

Esri Maps for Office (Requiere Descarga), Esri Maps for SharePoint (Requiere Descarga), Explorer for ArcGIS (Para Apple en Apple Store), Operations Dashboard for ArcGIS (Requiere Descarga), Collector for ArcGIS (Apple Store, Google Play).

**Plataforma**.

Escritorio, IOS, Andorid, Web Windows Phone.

**Breve descripción**.

Combina tus datos con mapas acreditados de Esri sobre cientos de temas. Ve más allá de los mapas base y las imágenes y explora mapas interesantes sobre personas y empresas, suelos y climas, fauna y flora, y mucho más.

**Facilidad de programación y uso**.

Trabaja con mapas, tanto de la Web como los que requiere, se le pueden agregar datos a tus mapas con tan solo unos clics. Resalta la información importante usando ventanas emergentes, gráficos e infografía. Aloja tus datos en la nube segura de Esri o en tu propio servidor para facilitar el uso compartido o, si lo prefieres, haz que tus datos sigan siendo privados. Hagas lo que hagas, tus datos son tuyos. Conservarás todos los derechos de propiedad, este software es para negocios y conocer datos importantes como la densidad, posibles fuentes de delicuencia, entre otros.

**Con que otros paquetes comparten datos**.

Permite que todos los usuarios encuentren, analicen, usen y compartan mapas en su Mac o dispositivo iOS (próximamente en Android). Visualiza los datos e interacciona con ellos estés donde estés. Crear un mapa dinámico de tus datos de Excel es tan fácil como crear un gráfico o diagrama. Representa las ubicaciones y otros datos geográficos. Agrega capas demográficas y de estilo de vida para conseguir más contexto y detalles.

**Metodología que usan**.

Mapas de la Web topográficos, geográficos, de densidad.

**6.- PTV Traffic planning.**

**Costo**.

Por medio de un contacto en el país de residencia.

**Actualizaciones**.

Aproveche nuestra oferta de soporte para PTV Visum: Consejos y trucos, preguntas frecuentes, descargas y nuestro formulario de soporte.

**Prerrequisitos**.

32 bits y una edición de 64 bits disponible para VisSim que tanto el trabajo con un sistema operativo de 64 bits. La edición de 64 bits sólo se ejecuta en sistemas operativos de 64 bits, pero permite el uso de más de 3 GB de RAM.

Para la simulación en el modo 3D, VisSim utiliza OpenGL. Es necesaria una tarjeta gráfica compatible con OpenGL 2.0 como mínimo.

Windows® 7

Windows® Vista (ServicePack 2)

Procesador: min. Pentium IV; recomendado: Core i7

Velocidad: min. 2 GHz (resultados de velocidad del ordenador más rápido en velocidad de simulación más rápido)

Memoria (RAM): min. 2 GB (4 GB para la edición de 64 bits); recomendada: 4-8 GB. Para las grandes redes que contienen muchos coches y / o peatones puede ser necesario más memoria RAM.

Espacio en disco duro: dependiendo de la configuración de instalación de hasta 1,5 GB

**Plataforma**.

Microsoft Windows

**Breve descripción**.

Analizar operaciones de tráfico, evaluar el impacto de los nuevos desarrollos y optimizar la programación de las señales. Puede analizarse una intersección, un corredor, o una red completa. PTV Vistro ha sido desarrollado específicamente para analizar el tráfico y para ayudar a los planificadores de transportes y los ingenieros de tráfico en sus proyectos. Se caracteriza por permitir una configuración de red rápida y sencilla, una entrada de datos eficaz y una generación automática de informes que ahorra tiempo y dinero.

**Facilidad de programación y uso**.

Los mapas de Bing, los gráficos «arrastrar y colocar» y las plantillas de intersecciones facilitan la construcción eficiente de las redes. Además de ello, un panel del flujo de trabajo guía a los usuarios a través de las diversas fases del proyecto y proporciona una optimización de la programación de la señal con solo pulsar un botón. La gestión de perspectiva integrada permite que el usuario evalúe y compare alternativas dentro de un solo proyecto.

**Con que otros paquetes comparten datos**.

Archivos de AutoCAD® DWG permiten almacenar varios diseños en el mismo archivo. En VisSim se utiliza siempre que la disposición que en AutoCAD® fue activado pasado. Microsoft® Excel®

**Metodología que usan**.

Redes inter urbanas, capas topográficas,

**7.- CATT Lab.**

Dentro de la revisión de software es digno de mencionar los softwares elaborados en los laboratorios de transporte mas reconocidos a nivel mundial. En particular mencionaremos el Transport Research Laboratory (TRL) del Reino Unido y el Center for Advanced Transportation Technology Laboratory, en Maryland EEUU, ha hecho software especializado en la visualización de datos de tráfico vehicular y aéreo en tiempo real de cámaras y sensores y con datos históricos.

**Costo**.

Gratuito para las agencias de gobierno (de Estados Unidos)

**Actualizaciones**.

En red a los usuarios

**Prerrequisitos**.

Es una aplicación WEB

**Plataforma**.

Linux

**Breve descripción**.

La CATT Lab desarrolla la analítica visual y herramientas de visualización de información que conducen a los usuarios a ideas que normalmente sería difícil, si no imposible, para descubrir a través de técnicas de análisis de datos tradicionales. El viejo adagio de que "una imagen vale más que mil palabras" suena a verdad. Correctamente diseñado herramientas de análisis visuales pueden aumentar la capacidad de un usuario para:

• Recuerde que la información y por lo tanto mejorar la productividad

• Buscar rápidamente, y entregar informes significativos a los tomadores de decisiones

• Identificar los patrones o grupos dentro de los datos

• Identificar las relaciones entre las variables

• Supervisar y comprender un gran número de eventos o fuentes de datos

• Analizar los datos que tiene componentes espaciales, y dar al usuario la posibilidad de manipular los datos de forma interactiva

**Facilidad de programación y uso**.

Fácil

**Con que otros paquetes comparten datos**.

Colectivamente, el equipo del Laboratorio de CATT tiene experiencia en el uso de las tecnologías, los marcos y los idiomas, tales como:

PHP, GLSL, Java, 3D Studio Max, ColdFusion, 3D Modeling, Flash, GIS, Relational Databases (Oracle, PostgreSQL, SQL Server, etc.), SQL, C++, C#, OpenGL, Django, Symfony, Perl, Spring Hibernate, iOS Development, Android Development

**Metodología que usan**.

Múltiples metodologías para representación y visualización de datos.

**8.- TRL Software.**

**Costo**.

£1,495.

**Actualizaciones**.

Teléfono / correo electrónico / soporte web para el asesoramiento que abarque todos los aspectos del software - incluyendo ayuda para la instalación y orientación sobre la manera de optimizar el uso del software. Usted recibirá asistencia prioritaria con la presentación de informes y resolución de errores u otros problemas con el software.

**Prerrequisitos**.

Microsoft Windows

**Plataforma**.

Microsoft Word

**Breve descripción**.

Modelador de glorietas, mini-glorietas, redes de glorietas ligadas, glorietas separadas por grados, glorietas en carreteras interestatales, cruces de peatones señalizados, no señalizados y adaptativos.

**Facilidad de programación y uso**.

Media.

**Con que otros paquetes comparten datos**.

Autodesk Vehicle Tracking.

Versiones previas de ARCADY

**Metodología que usan**.

Modelado sobre fotografías aéreas, colas y comportamiento de vehículos.\*\*\*\*\*

**Consideraciones al Modelo**.

Para nuestro modelo estamos principalmente interesados en los retrasos provocados por acumulaciones de vehículos en las vías. Esto lo representaremos de forma gráfica en el programa realizado.

*“Los modelos de car following, como se puede observar, consideran el comportamiento de los vehículos sobre un único camino. Para la representación de un crucero o un conjunto de vialidades, es necesario realizar modificaciones a dicho modelo para incluir una red (o grafo) en donde cada uno de los arcos representa una calle y los nodos del grafo representan una intersección. Esta representación permite modelar cualquier tipo de red de transporte.*

*Desde el punto de vista del modelo utilizado, es necesario considerar que un vehículo que llega al final de una calle, debe ingresar an alguna de las siguientes calles del sistema. Sólo aquellos vehículos que llegan al final de una calle que no tiene sucesores, salen del sistema.*

*Otra modificación que se debe realizar en el modelo es la posibilidad de considerar varios carriles dentro de una calle. Esta incorporación de carriles permite que un vehículo que viene con una velocidad mayor que su predecesor, pueda desplazarse a un carril de mayor velocidad para sobrepasar al vehículo lento. Además, esto permite modelar el comportamiento de cierto vehículo que tiene la necesidad de detenerse en algún punto del camino (por ejemplo para el transporte público de pasajeros) o simplemente un vehículo que se desea estacionarse sobre el camino, sin provocar que todos los vehículos detrás de éste deban detenerse”* (Mayorano, et al.: 2008).

Son muchos los incidentes o puntos que pueden suceder en una red víal.

Motivados por la búsqueda de la simplicidad del modelo, representaremos una gran variedad de estos, mediante unos pocos elementos geométricos y conforme nuestro modelo avance, se incorporarán elementos más específicos de considerarse necesario.

Consideramos un vehículo que esta detrás, se debe adaptar a la velocidad del vehículo que tiene adelante para continuar con su marcha, y que se puede tener “obstáculos”, los cuales pueden estar por un periodo corto de tiempo, por segundos, como pueden ser topes, zonas con vehículos deteniendo tránsito, señales víales, etc., también consideraremos “barrera” en vías con algún elemento que detenga la circulación por ellas, como espacios ocupados por vehículos estacionados o algún desperfecto en la vía o accidente.

La calle o calles destino que los vehículos que circulan sobre una calle origen dada pueden tomar, luego de pasar cierta intersección señalizada.

Los semáforos sincronizados en un crucero dado únicamente darán paso a vehículos sobrecalles origen indicadas en ese momento impidiendo la circulación de vehículos sobre otras calles viando las calles permitidas, con el tiempo a fin de distribuir el uso del crucero.

Nuestro modelo considera los semáforos de esta manera aunque el mecanismo para la sincronización no ha sido implementado.

**Comportamiento del conductor**

Consideramos importante para la modelación el reflejar el comportamiento de los conductores ante diversas situaciones encontradas en las vialidades por las que puedan estar circulando. Esto naturalmente tiene dos componentes: lo que describen las *reglas de tránsito,* como el mantener cierta velocidad, no estacionarse en determinadas vías, mantener la distancia entre vehículos, atender a las luces del semáforo, no hacer doble fila en zonas escolares, entre otras, y lo que el conductor *realmente pueda realizar*, o cómo el conductor interpreta las reglas.

**Comportamientos Generales**

En general en ciudades como la nuestra, se pueden encontrar los siguientes comportamientos:

* Los conductores se detienen o estacionan en lugares no destinados para ello, ocasionando una reducción de carriles para la circulación, ya sea por corto o por largo tiempo.
* Los conductores cambian frecuente o bruscamente de carril de circulación
* Los conductores cambian frecuente o bruscamente de velocidad
* Los conductores ignoran reglas elementales de tránsito, como señalizar cuando realizará un cambio de carril, para rebasar o porque así lo desean o darán vuelta, o cambian más de un carril a la vez
* Los conductores, mas frecuentemente los de transporte público, se detienen en segundo, tercer o cuarto carril (haya o no vehículos en los primeros), por ejemplo para cargar pasaje, y en ocasiones ocupando mas de un carril con esta acción. No sólo bloqueando las vias para la circulación, sino también arriesgando vidas con ello. Además se detienen sin señalizar y sin apoyarse en ningúna regla escrita.
* Los conductores circulan a baja velocidad en carriles de alta velocidad sin razón aparente
* Los conductores frecuentemente rebasan por el lado ilegal (derecho en nuestro caso), quizás apoyado por el punto antes mencionado. Lo cual puede desconcertar y provocar un accidente con quien rebasan o quien viene detrás, o quien entra o se encuentra en la vía por el lado donde se rebasa (peatón u otro vehículo).
* Los conductores "invaden" parcial, momentánea y bruscamente un carril contiguo, por lo general para esquivar algún obstáculo u otro vehículo en el carril por donde circulan, sin señalizar y sin importar si viene otro vehículo por el carril que invaden.
* Los conductores no se detienen ante señalización que así se lo indica, ya sea señales fijas, semáforos en amarillo o rojo, agentes de tránsito, barreras que están cayendo (pasos de tren), peatones u otros vehículos.
* Los conductores realizan un rebase con poco espacio libre contra el vehículo que viene detrás en el carril al que invaden.
* Los conductores manejan hablando por celular o mandando textos.
* Los conductores no son cordiales y no ceden el paso a peatones u otros vehículos
* Los conductores hacen caso omiso del señalamiento de otros vehículos.
* Los conductores se detienen después de iniciado un crucero (en el paso de peatones o enmedio del crucero) debido a vehículos que ya pasaron el crucero pero detenidos enfrente de ellos
* Los conductores realizan "venganzas", esto es, persiguen y presentan un manejo peligroso contra otros conductores que ellos consideran que les han hecho una ofensa (por ejemplo, casi cualquiera de los comportamientos anteriores).

Consideremos además un mecanismo de comportamiento vahicular basado en metas y tareas. Las metas son listas ordenadas de tareas, de las cuales todas se deben realizar con éxito a fin de que la meta actual se considere cumplida, de lo contrario todas las tareas se realizarán de nuevo, valorando de nuevo su éxito. Cuando una meta se considera cumplida, se saca del listado de metas para el vehículo actual y se procede con la segunda meta. Cuando no hay otra meta por realizar se saca al vehículo del sistema (meta “die”).

La meta actualmente implementada por default es la meta “camaleato” que avanza el vehículo a cierta velocidad “discreta” disminuyéndola ó deteniéndose al encontrar adelante otro vehículo cercano y respetar semáforos e indicadores de obstáculos o barreras y tomar una calle “destino” aleatoriamente al llegar a su crucero.

Los vehículos surgen de nodos especiales denominados “orígenes” y cumplen con la meta “camaleato” al encontrarse en un nodo especial “destino”.

El programa puede determinar automáticamente nodos “origen” (aquellos a los que no le llegue una calle) o nodos “destino” (aquellos de los que no surja una calle). Tambien se pueden designar nodos “origen” y “destino” de forma manual por el usuario. (esto no va aquí)

**Comportamiento en Glorietas**

Construcción vial diseñada para facilitar los cruces de caminos y reducir el peligro de accidentes, las glorietas deben rodearse en sentido anti horario, una glorieta se ve afectada cuando.

Los carriles de las mismas deben contar con un ancho de 3.5 metros en cada uno de los puntos, la circulación debe ser como ya se menciono al contrario de las manecillas del reloj y contar con el espacio designado para cambiar de carril y maniobrar en las salidas.

En las entradas como en las salidas la preferencia la tiene el que esta dentro de la glorieta ya que es el que tiene la velocidad en circulación y debe continura con ella hasta que encuentre la salida que requiere, tiene prioridad sobre el que entra.

Si se encuentra lloviendo, se deberá reducir la velocidad lo suficiente para poder frenar en caso de alguna emergencia, en caso de alguna deficiencia en las condiciones físicas de la vía, se tendrá que circular con velocidad mínima (20 Km/h) esto permitirá un frenado de reacción oportuna de los demás vehículos.

* Los vehículos que ya están circulando dentro de la glorieta en ocasiones buscan salida sin avisar, o frenan intempestivamente.
* Las incorporaciones-salidas, están muy cerca una de la otra.
* Hay vehículos que se detienen antes de las salidas o en ellas, ocasionando reducción de velocidad en los autos que las van a tomar o que van saliendo.
* En ocasiones existen malas condiciones en la vía. (Baches, ralladuras en los señalamientos, etc.) Ocasionando retrasos frecuentes por librarlos buscando otros carriles, afectando la circulación.
* Existen vehículos que se detienen en la glorieta.

**Vías de Circulación de alta velocidad**.

Periférico, o cualquier otra en donde haya más de dos carriles. En vías de alta velocidad, la circulación se ve afectada cuando:

• Los vehículos se detienen en un carril para pasar a otro o para salir o sufren alguna descompostura o imprevisto.

• Se invaden los carriles de alta velocidad por vehículos pesados en carriles de vehículos pequeños.

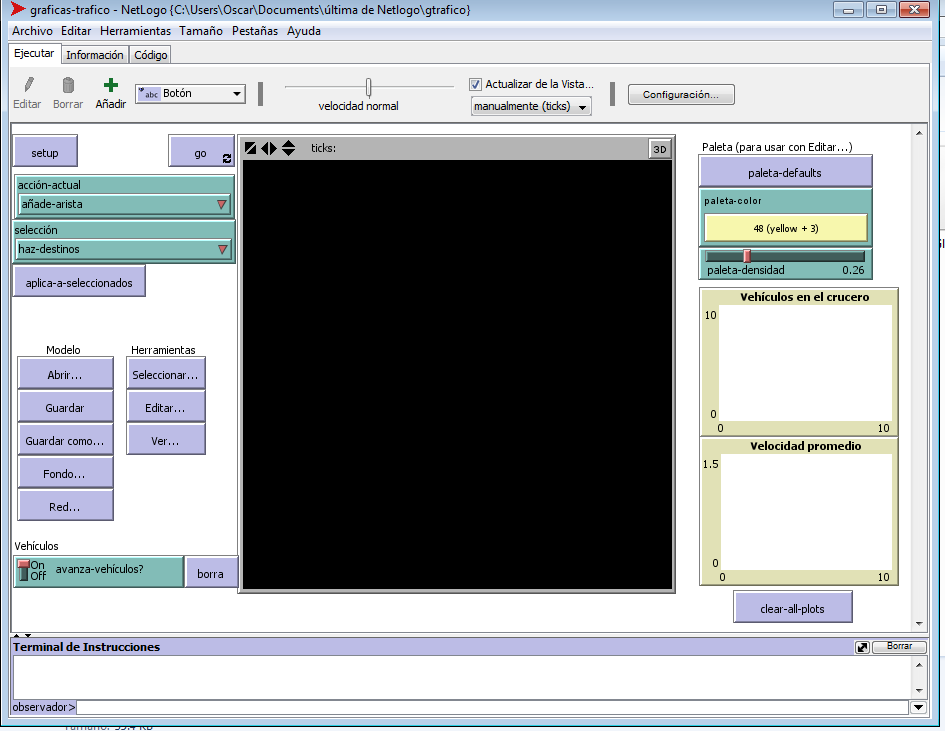
Capítulo 3.

Desarrollo del Programa Basado en Agentes con ejemplos.

De acuerdo con el desarrollo de nuestro modelo, hemos presentado el fundamento teórico y lo que observaremos en el desarrollo de nuestro programa, en este capítulo mostraremos la utilización de la herramienta, así como diferentes ejemplos en los cuales aplicaremos las ventajas del programa.

**Diseño**

El programa, como ya se ha mencionado, está escrito en Netlogo, y por lo mismo, su interfase está diseñada utilizando los elementos que este provee.



Como se puede observar, cuenta con los botones “setup” y “go” que en ese orden, son los primeros que se deben presionar para comenzar a utilizar el programa. Cuenta con otros controles y ventanas de datos observados, que se explicarán en la siguiente sección.

**Descripción y uso del programa**

En este apartado mostraremos la función de cada uno de los elementos con que cuenta nuestro programa. Es importante ya que lo que se pretende es que además de poder modelar cualquier crucero, ~~esto sea de lo mas sencillo de utilizar,~~ glorieta, o elemento de via que implique autos en circulación de la ciudad que sea, puede hacerlo de manera sencilla atendiendo a las instrucciones que aquí se detallan siendo lo más práctico en cuanto a su desarrollo, es decir, se facilita para cualquier persona interesada en algún problema en específico de modelación de tráfico.

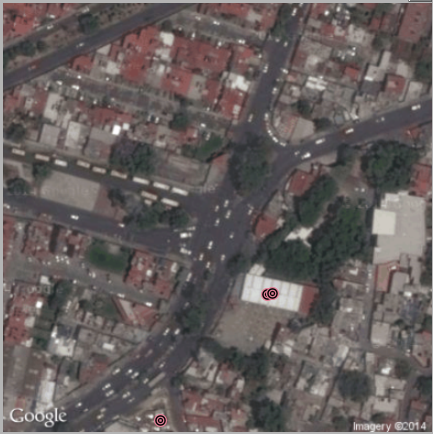
|  |  |
| --- | --- |
| **NOMBRE** | **DESCRIPCIÓN** |
| SETUP | Se inicializán todas las variables que necesite el programa, borra la pantalla y deja todo listo para aceptar un nuevo modelo. |
| GO | Permitir las acciones que son controladas con el ratón dentro del espacio del mundo, el rectángulo negro que es en donde se desarrollan las corridas. |
| LISTA DE ACCIÓN ACTUAL | Te indica cual es la acción que esta ejecutando el ratón en ese momento. |
| SELECCIÓN | Aplica una operación a todos los nodos seleccionados. |
| MENÚ MODELO | Se describen cada una de las operaciones que tiene que ver con la construcción del modelo tales como abrir, guardar, renombrar. Permite también importar o descargar imágenes para el fondo y/o guardar una red individual. Por lo general se va a trabajar con modelos completos el cual ya contiene la imagen y la red, sea que abramos un archivo con extensión .tra o guardemos un archivo .tra, si se quiere hacer una modificación al archivo se le da “Guardar como” o se Renombra con la extensión .tra. Lo de Fondo y Red son operaciones para cargar y guardar el fondo. |
| MENÚ HERRAMIENTAS | Operaciones que se pueden Seleccionar con el ratón, luego Editar que te permite detectar orígenes, sincronizar semáforos, acciones de editar con lo que esta seleccionado, Ver permite mostrar u ocultar la red, y ajusta tres tamaños de nodos, en general, son opciones de como se ve la red mientras se desarrolla en el fondo. |
| MENÚ VEHÍCULOS | Se tiene la opción de encender y apagar el avance de vehículos o borrarlos todos. |
| PALETA | Defines el color que por default en el que se van a pintar los nodos y si se quiere cambiar el color de una arista, primero seleccionas el color en la paleta, y luego le dices cambiar el color de la arista. |
| GRÁFICAS | Gráfican el número de vehiculos por unidad de tiempo en el cucero y la velocidad promedio de esos vehículos |
| BORRAR-TODOS-LOS-DIBUJOS (clear-all-plots) | Borra las gráficas trazadas. |
| ACCIONES CON EL RATÓN | Hacer operaciones con los nodos, con las aristas, con los semáforos, con los obstáculos y con las barreras, casi a todos ellos puedes añadir, borrar, seleccionar, y con los nodos además convertirlos en orígenes o destinos, pudiendo moverlos según lo requiera el fondo. A las aristas además de añadir, borrar o seleccionar, se le puede invertir el sentido de la calle esta es ya en el modelo la terminología correcta, con los semáforos seleccionamos los que estan partiendo en un sólo nodo y luego los obstáculos los añades o borras y las barreras también se pueden mover. |
| Acción-actual | En esta ventana están contenidas las diferentes componentes de la red que vamos a crear en nuestro “mundo”, esto con el botón GO activado y APLICA-A-SELECCIONADOS, logra hacer y establecer la función que estamos proponiendo o que queremos que ocurra en la colocación y borrado de nodos y aristas, así como si se está moviendo o se contrae a red, esto funciona con el ratón colocado en el mundo. |
| AÑADE-NODO | Esta operación se refiere a colocar en nuestro mundo un nodo, el cual nos va a servir en nuestro desarrollo, para identificarlo por la función que va a desempeñar, lo identificamos como *nodo origen* que es en el cual van a iniciar el recorrido los carritos en la vía, el nodo cruce que por el cual van a pasar los carritos, cambia de dirección o realizar alguna actividad determinada, finalmente los *nodos destinos* que son aquellos en donde van a terminar el recorrido y desaparecen de la red. Cuando se han creado o “colocado en el mundo”, aparecen oprimiendo el botón “Identifica orígenes-destinos” y es como realizan la función determinada. |
| BORRA-NODO | A diferencia del anterior si por alguna situación nos equivocamos y colocamos un nodo donde no debíamos o simplemente no debe aparecer, esta función nos permite borrar o quitar el nodo que no se necesite, seleccionándolo primero y después presionamos la tecla “aplicar- a-nodo”, con esto desaparece dicho nodo. |
| MUEVE-NODO | Cuando seleccionamos el nodo que queremos en otro lugar con esta función activada y con el puntero podemos deslizar el nodo indicado y colocarlo en algún otro lugar en donde se requiera. |
| CONVIERTE-EN-ORIGEN | De acuerdo con el sentido del nodo y de manera manual se selecciona el nodo que queramos para que sea el origen de donde parten los vehículos. |
| CONVIERTE-EN-DESTINO | Esta función de manera manual se selecciona para obtener destinos en nuestra red, es en donde los vehículos terminan su recorrido. |
| SELECCIONA-NODO | Cuando requerimos que nuestro nodo cumpla alguna función en específico o simplemente le vayamos asignar alguna de las funciones (origen-destino-cruce-obstáculo-barrera) lo podemos cambiar (tanto de color para identificarlo o de función) lo seleccionamos y hacemos el procedimiento que requiera. |
| MUEVE-NODOS-SELECCIONADOS | Con el puntero seleccionamos varios nodos, esta función nos permite mover al mismo tiempo más de un nodo como se requiera a cualquier parte de nuestro mundo |
| AÑADE-NODO-A-ARISTA | Se seleccionan dos nodos y de acuerdo al orden en que se seleccionen, es como se unen uno con otro mediante una línea con el sentido que se le asignó esta es la línea que llamamos arista por formar parte del lado de una figura. |
| AÑADE-ARISTA | Seleccionndo dos nodos los une con el sentido que seleccionamos, también se puede invertir. |
| BORRA-ARISTA | Cuando tenemos una arista que probablemente no utilicemos o simplemente no queremos que este en cierto lugar, seleccionando los nodos en donde está la arista, con esta función podemos quitar esa arista. |
| SELECCIONA-ARISTA | Con esta función activada nos permita marcar una arista cualquiera que requiera o borrarse, cambiarse de lugar o asignarle algunas características a la misma. |
| INVIERTE-SENTIDO-DE-CALLE | Seleccionando la arista (calle), y le cambia el sentido para acomodarla como se requiere. |
| AÑADE-SEMÁFORO | En los nodos seleccionados asigna semáforos. |
| MUEVE-SEMÁFORO | Con los semáforos selccionados y con el puntero del se mueven según se requieran en la red. |
| BORRA-SEMAFORO | Seleccionado el semáforo que se quiere borrar, con el puntero se le aplica esta función y el semáforo se borra |
| SELEC-SEMÁFOROS-EN-NODO | Con el puntero seleccionamos a los semáforos que se requieran, con esta función podemos cambiarle la sincronización. |
| SELECCIONA-SEMÁFORO | De manera particular y un solo semáforo de nodo para cambiar alguna de sus funciones. |
| AÑADE-OBSTÁCULO | Esta función nos permite colocar en alguna arista determinada un obstáculo o un evento que haga que nuestro tránsito vehicular se vea retrasado en cuanto a tiempo por la falta de circula o flujo (puede ser un tope, un bache, un camión, autobús o cualquier otro vehículo automotor, que haga lento el flujo de circulación) dicho elemento reduce la velocidad de su flujo y haga que tenga que pasar de una arista a otra para librarlo o esperar un determinado tiempo para poderse mover. |
| MUEVE-OBSTÁCULO | Seleccionado este botón y con el puntero seleccionamos nuestro obstáculo y lo podemos mover hacia donde requiere para continuar observando o midiendo la reducción de tiempo en los flujos vehiculares. |
| BORRA-OBSTÁCULO | Con el puntero seleccionado en el obstáculo que vamos a borrar, seleccionando esta opción se borran los obstáculos de nuestra red. |
| AÑADE-BARRERA | Una barrera es aquel elemento vial que detiene completamente el flujo vehicular. Para lograrlo se requiere detener absolutamente todo el sistema y para liberarlo se requiere buscar alternativas de circulación ~~(uno de ellos es el cambio de carril para lograr librar la barrera que se presenta,)~~ puede ser un bache en reparación o de cualquier vía, un camión repartidor que se detienen más de 10 minutos. |
| MUEVE-BARRERA | Seleccionada esta barrera y apretado el botón con la ayuda del puntero o mouse, podemos cambiar de posición la barrera para fines de resultados. |
| BORRA-BARRERA | Con el puntero seleccionado en la barrera que vamos a quitar, seleccionando esta opción se borran las barreras de nuestra red. |
| Selección; AÑADE-ARISTAS-ENTRE-NODOS | Previa selección en orden y en el sentido en el que lo requiramos, se van agregando aristas entre los nodos los cuales hemos seleccionado previamente. |
| HAZ-ORIGENES | Es la función mediante la cual “nacen” los vehículos, lo hacemos aparecer mediante el seleccionador de operaciones individuales. |
| HAZ-DESTINOS | Este nodo surge por ser activado al generar nodo en la última parte o en dirección de las flechas de las aristas, se encuentran al fin del recorrido. Es en donde los vehículos terminan el recorrido y desaparecen. |
| HAZ-NODOS-NORMALES | Crea nodos intermedios, entre los origen y destino, en los cuales solo van a transitarlos vehículos, o van a dar vuelta. |
| CONSTRUYE-SISTEMA-DE-SEMÁFOROS | En cada nodo coloca semáforos de acuerdo con el sentido de la calle. |
| MENÚ MODELO: Abrir | Permite abrir los archivos.tra, que han sido generados con anterioridad o que tengamos como archivos. |
| Guardar | Guardar los archivos con los que estes trabajando con el nombre que se le asigno o el sistema le da un nombre default con extenión .tra |
| Guardar como. | Te permite guardar el archivo que tengas actualmente, así como asignarle otro nombre según sea la conveniencia del trabajo. |
| Fondo | Abrir un archivo de fondo jpg/png, abrir unas ciertas coordenadas que se obtienen de Google Maps, abrir una URL que contiene un archivo de fondo, el cual se puede compartir con otros usuarios dándoles la dirección que ya subiste en algún sitio previamente, lo puedes guardar como jpg/png, se puede borrar el fondo. |
| Red | Abrir un archivo de red e incluir un archivo de red además de el que ya se tenga actualmente, se puede borrar y ocultarla. |
| HERRAMIENTAS: Seleccionar | Se pueden seleccionar nodos, aristas, algunos se seleccionan con el ratón, y cuando aplicas todos los que estén contenidos en la red se seleccionan, lo mismo para las aristas, luego cambia nodo, cambia aristas, los que estan seleccionados se deseleccionan y a la inversa, se pueden seleccionar semaforos, algunos o todos de la misma forma, con el ratón y en general que surgan de un solo nodo. |
| Editar | Editar los nodos seleccionados mostrando la lista de los nodos que vamos a estar editando, y se le puede cambiar la densidad que se combina con la paleta densidad, el valor que tenga es el que se le va a asignar a todos los nodos que esten seleccionados. Detecta orígenes-destinos es una detección automática a la red en cuanto se acciona y que nuestros nodos y aristas estén conectados. Ya se ha descrito mas arriba la manera en la qe funciona y su utilidad en el modelo. Sincroniza semáforos seleccionados que incluye en una sola lista y que un sólo período de tiempo se aplica a cada uno. Se puede hacer manualmente seleccionándolos con el ratón. |
| Ver | Muestra/Oculta la red, Muestra/Oculta semáforos, se pueden seleccionar los nodos y reducirlos de tamaño para evitar el amontonamiento en las redes, si estan muy grandes no se ve claramente. Se puede ver la información de Meta info que tiene el modelo actual, esto es las variables internas que maneja en la red, como nombres de archivo, etc. |
| Vehículos | Los vehículos no avanzan en 1 por 1, avanzan en un valor aleatorio de velocidad dentro de cierto rango o van a una velocidad deseada, cuando encuentran un obstáculo bajan esa veocidad y cuando pasan el obstáculo, entonces continúan con la velocidad deseada, cuando llegan a un crucero, el primero que llegue es el primero que pasa, no es 1 por 1. |
| SELECCIONADOR DE OPERACIONES MULTIPLES | Con esta barra activada podemos realizar funciones con más de un nodo o aristas que se requieran en nuestro modelo. |
| TODOS-LOS-NODOS | Con esta función activada podemos terminar la operación (borrar, mover o seleccionar) en los nodos que se requieran trabajar y/o ejecutar. |
| TODAS-LAS-ARISTAS | Cuando se desea que las aristas hagan alguna operación, con esta función activada se llevarán a cabo (seleccionar, mover o borrar) en las aristas aunque sea una sóla con esta función activada se ejecuta la instrucción. |
| BORRA-SELECCIÓN | Esta función ejecuta el borrado tanto de nodos como de aristas que se hayan seleccionado. |
| INTERCAMBIA-NODOS | Nos permite cambiar nodos que tienen una función por otra que le queramos asignar, así podemos cambiar las funciones de cada uno. |
| INTERCAMBIA-ARISTAS | Activada esta operación cambiamos el sentido de las aristas seleccionadas. |
| AÑADE-NODO-MEDIO | Esta función nos permite colocar en una arista y entre dos nodos un nodo mas o entre tres nodos o como se requiera de acuerdo a lo que estemos necesitando en nuestro modelo. |
| CONTRAE | Seleccionados los nodos junto con las aristas, podemos reducir el tamaño de la red completo de acuerdo a como lo vayamos necesitando en nuestro modelo. |
| APLICA-A-SELECCIONADOS | De todas las operaciones realizadas tales como agregar nodo o borrarlo, crear arista, mover los diferentes elementos, oprimiendo este botón se ejecutan la o las operaciones que hemos preseleccionado. |
| MUESTRA/OCULTA RED | Cuando tenemos una red trazada en todo nuestro mundo, este botón nos permite ocultar y/o mostrar la misma. |

**Ejemplos.**

En este punto mostraremos la utilización práctica del modelo. Tomaremos cinco de los cruceros que hemos identificado de manera personal como “conflictivos” en horas pico y con ciertas cargas de densidad de vehículos. Observaremos algunos de los comportamientos que se han descrito.

**Crucero Eje 10 y Eje Central Aztecas.**

Iniciaremos con el crucero objeto de estudio localizado en Eje Central Aztecas entroncando con el eje 10, en el cual podemos observar:

****

Ahora pasaremos a describir algunos elementos que consideramos importantes para representar en un modelo de un crucero de la Ciudad de México. Este se encuentra situado en Eje 10 Sur Avenida Pedro Henríquez Ureña, Los Reyes, Coyoacán, Ciudad de México, D.F., con coordenadas 19.333959, -99.151442

Tomaremos en cuenta que la vía que escogimos para estudiar se encuentra junto a centros de servicio importantes, como un verificentro, en el cual se verifica la emisión de agentes contaminantes de los autos cada determinado tiempo (de acuerdo con la terminación numérica de las placas se llevan a cabo dos revisiones por año), esto ocasiona automóviles formados uno tras otro para poder acceder al espacio en donde se le hace la revisión a el vehículo. Esto es de suma importancia porque sobre todo al final de cada mes se complica mucho en cuanto a cantidad de vehículos formados y el tiempo que se tardan en acceder al servicio.

En el lugar hay diferentes tipos de establecimientos comerciales, esto es importante considerarlo ya que dichos establecimientos requieren “servicios” de abastecimiento de la materia prima, la cual transforman o distribuyen a los clientes, esto tiene como consecuencia que algunos transportes deban circular por la zona y detenerse para abastecer a los mismos, en el caso de un lugar en donde venden comida y a pesar de contar con estacionamiento, la circulación se detiene momentáneamente, lo que reduce el flujo de vehículos ocasionando el efecto “domino” hacia atrás. Esto aumenta los tiempos de espera y disminuye el flujo de circulación, se cuentan en la misma acera con tres negocios más, un laboratorio de verificación, una tlapalería, una tienda y un puesto de tacos, con las características antes mencionadas, obtenemos la complicación de la circulación en esa zona en cuestión, ya que se forman barreras, esto es, el obstruir la circulación por más de 5 minutos.

Otra consideración es que en sentido contrario tenemos una rinconada, la cual tiene su acceso sobre la Avenida Aztecas, esto representa otro obstáculo más para la circulación, esto es que representa el detenerse por menos de 1 minuto para poder continuar con el flujo de la circulación.

Un elemento más es que en el eje 10 circulan Cuatro Rutas de Transporte público, 2 son de autobuses y 2 son de microbuses, una de las rutas de autobús da vuelta en “U” en el eje, toma tiempo el detenerse para ver el contrasentido y dar inicio a su vuelta. También lo consideramos por ser un obstáculo a la circulación.

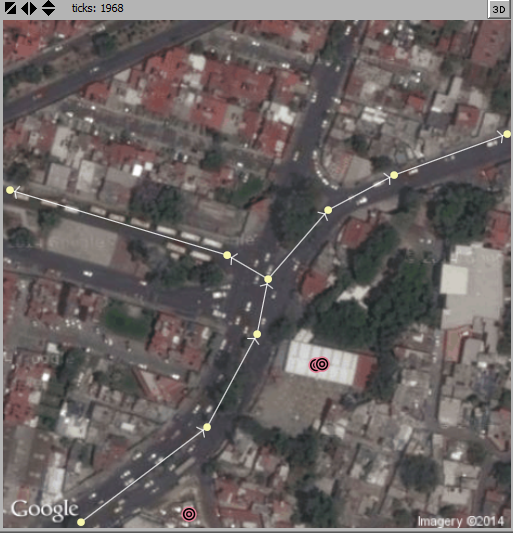
Otros elementos más a tomar en cuenta es el hecho de que metros más adelante de la circulación sur-norte sobre *Avenida Aztecas* en unión con el Eje 10, existen dos escuelas primarias una pública y una privada, esto ocasiona obstáculos a la circulación en sentido inverso, ya que el hecho de detenerse para dejar a los niños en la escuela ocasiona que en sentido contrario, la circulación sea mucho más lenta. Se agrega que el transporte público realiza la misma operación con lo que una vez más el efecto es el mismo en esa dirección.

Existe un salón de fiestas infantiles en la zona, pero no es tan marcado, ya que por lo regular se utiliza en fines de semana. Se menciona por ser parte de nuestro lugar a modelar.

Vamos a importar el fondo de calles por medio de las coordenadas que nos dice Google maps al hacerle click a este crucero.

Eje 10 va de Norte a Sur y en ambos sentidos 3 carriles respectivamente, La Avenida Aztecas que va de Sur a Norte y en el entronque con el Eje 10 se convierte en un solo sentido la cual es de 4 carriles con dirección al Norte, esta Avenida es Candelaria y es aquí donde converge el tránsito de Aztecas y el Eje 10, en el otro lado esta la Privada Monserrat, que es en donde llega el tránsito de Norte a Sur, un poco antes del cruce con el eje 10, hay una diagonal llamada Eje 10 Monserrat, la cual conecta la Privada con el Eje, y estas juntas se unen a la salida del Pueblo de Los Reyes son de tres carriles. Para representar una calle añado una arista con un nodo inicial y un nodo final, como el programa no maneja carriles tengo que hacer por vialidad el mismo procedimiento. Al llegar a la intersección añado una nueva arista con los últimos nodos añadidos y los nodos de la nueva calle a utilizar. Como a los vehículos del programa hay que indicarles por donde se van a dirigir, se necesita hacer esto para cada una de las calles destino a utilizar, por ejemplo:

Si trazo un carril sobre avenida aztecas, el nodo destino llega hasta el crucero de ese nodo, trazo una arista hacia Eje 10 otra arista hacia Candelaria y a continuación de ese nodo de Eje 10 trazo otra arista que cotinue hacia eje 10 y otra que continue hacia Monserrat, tenemos:

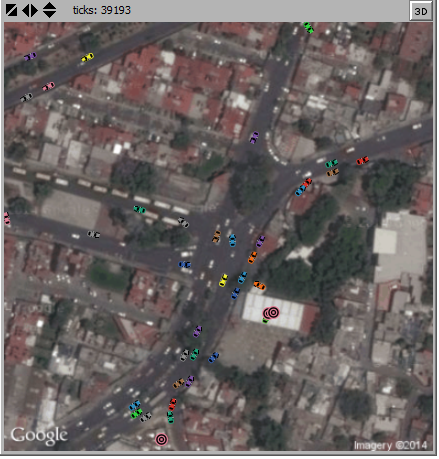


Lo mismo se va hacer para las otras calles del crucero.

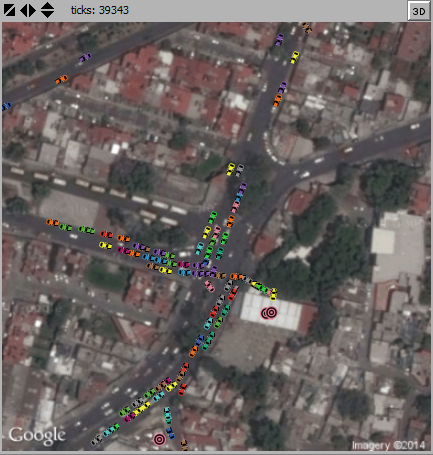
En herramientas editar seleccionamos detecta “orígenes-destinos”,

Guardamos el Modelo.

Activamos el “avance vehículos” para que empiecen a circular.



A continuación añadiremos un obstáculo sobre la arista que comnica un carril de Aztecas con Monserrat que corresponderá a los retrazos que causa el verificentro, observe como los vehículos disminuyen su velocidad al acercarse a este obstáculo y la aumentan al salir de el.



Ahora modificaremos la cantidad de vehículos por unidad de tiempo que surgen de los nodos origen esto se hace seleccionando uno herramienta/seleccionar/algunos nodos y le hacemos click con el botón go encendido a un nodo origen de avenida aztecas, se modifica el valor en la paleta-densidad por ejemplo a 0.1 y se aplica con herramientas/editar/nodos-seleccionados, nos indicará que hay un nodo seleccionado y modificaremos la característica que “asigna a nodos la densidad de paleta”. (Nos aparecerá la densidad actual y al aplicar esta se modificará a la que contiene “paleta-densidad”.

Observe que la cantidad de vehículos en el crucero disminuye al menos en ese carril y como esto pueden evitar congestionamientos.



Podemos “Guardar” el modelo (por default se guarda con el nombre “modelode-prueba.tra”), y esto se puede modificar con “Guardar como” con lo que se definirá el nuevo nombre que utilizará “Guardar” en sucesivas ocasiones.

Este programa es capaz de repesentar ciertas situaciones de embotellamiento cuando en cierta área del crucero se encuentran muchos vehículos circulando juntos.

Mencionaremos dos ejemplos de esto:

1.- Como describimos arriba dos aristas una viniendo de Avenida Aztecas y la otra viniendo de Monserrat se juntan en un mismo nodo en el Eje 10.

2.- Dos aristas una proveniendo de Monserrat llegando a Avenida Aztecas y otra proviniendo de Aztecas y llegando al eje 10 se cruzan.

En ambas situaciones puede darse que dos vehículos intenten llegar al cruce de estas aristas al mismo tiempo deteniendo la fila de vehículos que tienen detrás.

Estas dos situaciones reflejan parcialmente el origen de un embotellamiento y pensamos que el detectarlas es la parte más valiosa de este programa.

Note que la concetración de vehículos en esta pequeña área cercana a estos cruces de aristas se puede deber a dos factores,

1.- A la densidad de vehículos llegando al crucero.

2.- A los obstáculos cercanos que se puedan poner. (Por ejemplo Verificentro)

**Glorieta Dr. Vertiz y Avenida Universidad**.



Ahora tomeremos una de las Glorietas más concurridas de la ciudad, se encuentra en Avenida Doctor Vertiz, Avenida Universidad y otras calles, con alta densidad.

Le sugerimos al lector esta red para representar esta glorieta.



En estos cruces señalados se observan las dos situaciones de cruces de aristas del ejemplo anterior.

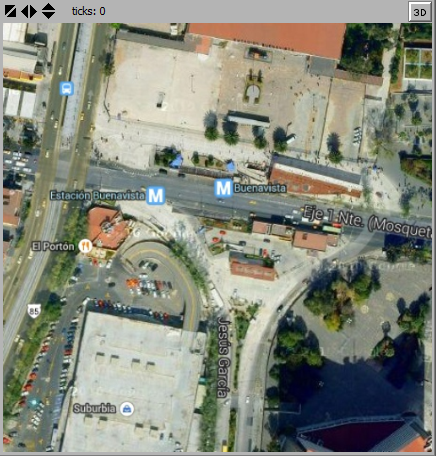
Los vehículos circulan con buena velocidad, la única reducción que se observa en en las incorporaciones ya que deben reducir su velocidad para entrar y salir de la glorieta.

Uno de los cruceros que ha tenido muchos conflictos en la zona sur de la ciudad es el que se encuentra en la avenida División del Norte y Antiguo camino a Xochimilco, se realizo un corte a la circulación para proponer una vuelta intermedia con el fin de aumentar el flujo sobre cada avenida, existe el crucero y las modificaciones a la circulación, observamos el comportamiento en el programa:

**Cruce Av. División del Norte y Guadalupe I Ramírez.**

****

**Eje 1 Norte y Avenida de los Insurgentes.**



**Eje Xola y Avenida Cuauhtémoc**



Aportaciones a la Modelación del Tráfico.

Conocer la vía y sus elementos componentes nos permite aportar posibles alternativas de solución a la problemática, como cambios de sentido, contraflijos, entre otras alternativas.

Se puede conocer a diferentes horarios y con diferentes densidades el comportamiento de todos los carritos en las vías, con esto determinamos el tipo de acción que debemos tomar.

Las zonas en donde se debe desarrollar alguna actividad en la cual requiera de automóvil (verificentros, centros comerciales, etc.) se requiere un estricto control del flujo vehicular para evtar los congestionamientos.

**Conclusiones.**

**Bibliografía.**

Abed, E. H. (Ed.) (2005). *Advances in Control, Communication Networks, and Transportation Systems*. Birkhäuser Basel Springer

Acuña Vigil, P., (2005). *Análisis formal del espacio urbano*. Aspectos Teóricos. Instituto de Investigación de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes. Lima

Acheson, P., Dagli, C., & Kilicay-Ergin, N. (2013). *Fuzzy Decision Analysis in Negotiation between the System of Systems Agent and the System Agent* in an Agent Based Model. International Journal of Soft Computing and Software Engineering [JSCSE].

Adamatzky, A. (Ed.). (2010). *Game of life cellular automata*. Springer.

Adamczyk, M., Betliński, P., & Gora, P. (2010). *Combined Bayesian Networks and Rough-Granular Approaches for Discovery of Process Models Based on Vehicular Traffic Simulation*. In Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. Theory and Methods (pp. 278-287). Springer Berlin Heidelberg.

Agencia Internacional de la Energía (2005). *Sistemas de Autobuses Para El Futuro: El Logro de Un Transporte Sostenible en El Mundo*. AIE.

Agbolosu-Amison, S. J., Yun, I., & Park, B. B. (2012). *Quantifying benefits of a dynamic gap-out feature at an actuated traffic signalized intersection under cooperative vehicle infrastructure system*. KSCE Journal of Civil Engineering, 16(3), 433-440.

Ahmed, K. I. (1999). *Modeling drivers' acceleration and lane changing behavior* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Albeverio, S., Andrey, D., Giordano, P., & Vancheri, A. (2008). *The dynamics of complex urban systems*. An Interdisciplinary Approach. Physica-Verlag. A Springer Company.

Alcântara Vasconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad.* Centro Andino de Fomento CAF, Bogotá.

Allsop, R., Coeymans, J. (1985*). La gestión de tráfico: de la intuición a la simulación* [versión electrónica]. Eure, 12 (33), 33-48.

Almeida, J. E., Kokkinogenis, Z., & Rossetti, R. J. (2012, June).  *implementation of an evacuation scenario*. In Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on (pp. 1-4). IEEE.

Altrock, U., & Schoon, S. (2014). *Maturing Megacities The Pearl River Delta in Progressive Transformation*. Springer Netherlands.

Álvarez Enríquez, Lucia. (2011) *Pueblos Urbanos. Identidad, ciudadanía y territorio en la ciudad de México*. UNAM CEIICH PORRÚA.

Alvarez-Icaza, L., Munoz, L., Sun, X., & Horowitz, R. (2004). *Adaptive observer for traffic density estimation*. In American Control Conference, 2004. Proceedings of the 2004 (Vol. 3, pp. 2705-2710). IEEE.

Alvear, S., & Rodríguez, P. (2006). *Estimación del Costo por Kilómetro y de los Márgenes de una Empresa de Transporte de Carga, Industria Agrícola, Región del Maule, Chile*. Panorama Socioeconómico, 24(32), 48-57.

Ana, M., Yrigoyen, C. C., & Álvarez, M. N. *Auditoría urbana: indicadores y tipología de las ciudades europeas*. Urban Audit, Europa.

Antún, J. P. (2013). *Distribución urbana de mercancías*. SD/56, Instituto de Ingeniería, UNAM, México DF.

Antún, J. P. Lozano, A. Hernández, J. C. Hernández, R. (2005). *Logística de distribución física a minoristas*. SD/47, Instituto de Ingeniería, UNAM, México DF.

Antún, J. P. (2004). Logística internacional. SD/45, Instituto de Ingeniería, UNAM, México DF.

Antún, J. P. (2004). Logística inversa. SD/44, Instituto de Ingeniería, UNAM, México DF.

Antun, P., De Buen Richkarday, O., & Aguerrebere Salido, R. (1995). *Logística: Una visión sistémica*. Documento Técnico, (14).

Arrowsmith, D. K., Mondrag, R. J., & Woolf, M. (2005). *Data traffic, topology and congestion*. In Complex Dynamics in Communication Networks (pp. 127-157). Springer Berlin Heidelberg.

Appert-Rolland, C., Chevoir, F., Gondret, P., Lassarre, S., Lebacque, J. P., & Schreckenberg, M. (2009). *Traffic and Granular flow'07*. Springer.

Barjonet, P.-E., (2001). *Traffic Psychology Today*. Kluwer Avademic Publishers.

Backhoff Pohls, M. Á. (2005). *Transporte y espacio geográfico. Una aproximación geoinformática*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Balsys, K., Valinevicius, A., & Zilys, M. (2008, June). *Crossroads Load Modelling*. In Information Technology Interfaces, 2008. ITI 2008. 30th International Conference on (pp. 685-690). IEEE.

Barona Mayorga, L. R. (2006) *Autotransporte federal de pasaje. Operación y estructura.* Trillas.

Barrat, A., Barthelemy, M., & Vespignani, A. (2008). Dynamical processes on complex networks (Vol. 574). Cambridge: Cambridge University Press.

Barceló, J. (2010). *Fundamentals of Traffic Simulation*, volume 145 of International Series in Operations Research & Management Science.

Barthélemy, M. (2011). *Spatial networks*. Physics Reports, 499(1), 1-101.

Batty, J. M., (1984) *Pseudo-dynamic Urban Models*. University of Wales Institute of Science and Technology (UWIST).

Batty, M. (2012). *Urban Regeneration as Self‐Organisation*. Architectural Design, 82(1), 54-59.

Batty, M. (2005). Agents, cells, and cities: new representational models for simulating multiscale urban dynamics.

Batty, M., and Shiode, N. (2003) Population Growth Dynamics in Cities, Countries and Communication Systems, in P. A. Longley and M. Batty (Editors) Advanced Spatial Analysis: The CASA Book of GIS, ESRI Press, Redlands, CA, 327-343.

Batty, M., & Xie, Y. (1999). *Self-organized criticality and urban development*. Discrete Dynamics in Nature and Society, 3(2-3), 109-124.

Bazzan, A. L. (2009). *Opportunities for multiagent systems and multiagent reinforcement learning in traffic control*. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 18(3), 342-375.

Belitsky, V., Krug, J., Neves, E. J., & Schütz, G. M. (2001). *A cellular automaton model for two-lane traffic*. Journal of Statistical Physics, 103(5-6), 945-971.

Ben-Akiva, M., Cortes, M., Davol, A., & Toledo, T. (2001). *MICRO-SIMULATION OF URBAN NETWORKS*. In Selected Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research.

Berki, Z., Bührmann, S., Cré, I., Edwards S., Jeffery, D., Monigl, J., Staelens, P., Szekely, A., Vancluysen, K. (2009) *Conceptos Innovadores en Materia de Transporte Urbano De la Teoría a la Práctica.* Niches.

Betancourt Olmos, M. (2011). El Gasto público en infraestructura vial y de servicios de transporte público en el Distrito Federal 2000-2010. UNAM. Facultad de Economía.

Birand, B., Zafer, M., Zussman, G., & Lee, K. W. (2011, October). *Dynamic graph properties of mobile networks under levy walk mobility*. In Mobile Adhoc and Sensor Systems (MASS), 2011 IEEE 8th International Conference on (pp. 292-301). IEEE.

Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2004). *Fenómenos de transporte*. Libros Técnicos e Científicos.

Blanchard, P., & Volchenkov, D. (2009). *Mathematical analysis of urban spatial networks.* Springer.

Bonsall, P. (1992). *The influence of route guidance advice on route choice in urban networks*. Transportation, 19(1), 1-23. Springer

Box, P. C., Oppenlander, J. C. (1985) *Manual de Estudios de Ingeniería de Transito.* Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A. México.

Brics, M., Mahnke, R., & Kühne, R. (2013). *Model of Vehicular Traffic by Hilliges and Weidlich Revisited.* In Traffic and Granular Flow'11 (pp. 27-33). Springer Berlin Heidelberg.

Brockmann, D., Hufnagel, L., & Geisel, T. (2006). *The scaling laws of human travel*. Nature, 439(7075), 462-465.

Bull, A., Comp. (2003) *Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo*. United Nations Publications.

Caballero Enríquez, J. (2009). Tráfico Vehicular: Un Estudio Probabilístico. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.

Cárdenas Gutiérrez, E. (2001) *Volúmenes vehiculares en la zona urbana de la ciudad de Toluca.* Cuadernos De Investigación. Cuarta Época 21. Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México.

Cardoso, C., Bert, F., Podestá, G. *Modelos Basados en Agentes (MBA): definición, alcances y limitaciones*. Landuse, biofuels and rural development in the La Plata Basin.

Cai, K., Feeley, M. J., & Hutchinson, N. C. (2006). *Routing Transient Traffic in Mobile Ad Hoc Networks*. In Mobile Ad-hoc and Sensor Networks (pp. 13-24). Springer Berlin Heidelberg.

Carmona Pastor, F. (2005) *Manual del transportista.* Ediciones Díaz de Santos, S. A.

Campari, E. G., & Levi, G. (2000). *A cellular automata model for highway traffic*. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 17(1), 159-166.

Carey, M., Balijepalli, C., & Watling, D. (2013). *Extending the cell transmission model to multiple lanes and lane-changing*. Networks and Spatial Economics, 1-29.

Castro, J., Gómez, D., & Tejada, J. (2014). Allocating slacks in stochastic PERT network. Central European Journal of Operations Research, 22(1), 37-52.

Ceccherini-Silberstein, T., & Coornaert, M. (2010). Cellular automata and groups. Springer.

Cendrero Agenjo, B. Truyols Mateu, S. (2009) *El transporte. Aspectos y Tipología*. Delta Publicaciones-Grupo Vanchri.

CENFES A.C. (2008). Curso para operarias y operarios de la Ciudad de México. *Educación Vial*. Cuaderno de Trabajo Estación 2. CENFES-UACM-UAM.

Cervero, R. (1998) *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Island Press.

Cheung, S. L. (2014). *New insights into conditional cooperation and punishment from a strategy method experiment*. Experimental Economics, 17(1), 129-153.

Chinrungrueng, J., Kaewkamnerd, S., Pongthornseri, R., Dumnin, S., Sunantachaikul, U., Kittipiyakul, S., & Boonyanant, P. (2010). *Wireless sensor network: Application to vehicular traffic*. In Advances in Wireless Sensors and Sensor Networks (pp. 199-220). Springer Berlin Heidelberg.

Chowdhury, D., Santen, L., & Schadschneider, A. (2000). Statistical physics of vehicular traffic and some related systems. Physics Reports, 329(4), 199-329.

Chowdhury, D., Pasupathy, A., & Sinha, S. (1998). *Distributions of time-and distance-headways in the Nagel-Schreckenberg model of vehicular traffic: effects of hindrances*. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 5(3), 781-786.

Chowell, G., Hyman, J. M., Eubank, S., & Castillo-Chavez, C. (2003). *Scaling laws for the movement of people between locations in a large city*. Physical Review E, 68(6), 066102.

Churchill, A. A. (1972) *Road user charges in central America*. Johns Hopkins University Press.

Colombo, R. M., & Goatin, P. (2006). *Traffic flow models with phase transitions*. Flow, turbulence and combustion, 76(4), 383-390.

Conde J. Coord. (2003) *Economía, transporte y medio ambiente*. Nivola Libros y Ediciones.

Cools, S. B., Gershenson, C., & D’Hooghe, B. (2008). *Self-organizing traffic lights: A realistic simulation. In Advances* in applied self-organizing systems (pp. 41-50). Springer London.

Correa, G. (2010). Transporte y Ciudad [versión electrónica]. Eure, 36 (107), 133-137.

CORREA SANCHEZ, J. A. M. E. S. (2011). Modelado y simulación dinámica de vehículos de competición.

Coto-Millán, P., Inglada, V. Eds (2007) *Essays on Transport Economics*. Physica-Verlag. A Springer Company-Universidad de Cantabría.

Couturier, M., & Islas, V. (1995). *Transporte y movilidad en la región de Chalco*. Estudios demográficos y urbanos, 67-104.

de Cózar, E. L., Molina, J. G., Sanmartín, J., & Alonso, F. (2004). *Estudio comparativo del escalamiento unidimensional de conductas agresivas en la conducción*. Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Murcia, España, 5(3), 337-344.

De Oliveira, J. L., Pires, F., & Medeiros, C. B. (1997). *An environment for modeling and design of geographic applications*. GeoInformatica, 1(1), 29-58.

De Vuyst, F., Ricci, V., & Salvarani, F. (2011). *Nonlocal second order vehicular traffic flow models and Lagrange-remap finite volumes*. In Finite Volumes for Complex Applications VI Problems & Perspectives (pp. 781-789). Springer Berlin Heidelberg.

Daganzo, C. F., Cassidy, M. J., & Bertini, R. L. (1999). *Possible explanations of phase transitions in highway traffic.* Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(5), 365-379.

Delgado, J., Chías, L., Et Al. (2003) *Vialidad y vialidades en la Ciudad de México*. Ciencias 70 abril junio 2003

Del Río, F., Vargas, C. (1988) *El autotransporte. Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México.* Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Deng, H., Wang, L., Wang, F.L., Lei, J. (Eds.) *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*. 4th International Conference, AICI 2012, Chengdu, China, October, 2012, Proceedings. Springer

De Rus, G., Campos, J., Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Antoni Bosch

Der-Horng, L, (2004) *Urban and Regional Transportation Modeling.* Essays in Honor of David Boyce. MPG Books ltd, Bodmin, Cornwall.

Dickmanns, E. D., & Wünsche, H. J. (2007). *Dynamic vision for perception and control of motion* (pp. I-XCII). London: Springer.

Distrito Federal (Mexico). (2003). *Reglamento de tránsito en el DF.* Versión Electrónica.

Donato, V., Camolese, S., & Terenzi, A. (2014). *Traffic Analysis and Solutions*. In Sustainable Social, Economic and Environmental Revitalization in Multan City (pp. 199-210). Springer International Publishing.

Düh, J., Hufnagl, H., Juritsch, E., Pfliegl, R., Schimany, H.-K., Schönegger, H. (Eds.) (2010). *Data and Mobility Transforming Information into Intelligent Traffic and Transportation Services. Proceedings of the Lakeside Conference 2010*. Springer.

Duffy, V. G. (2009). *Digital Human Modeling* (Vol. 5620). Springer.

Durán, R. A. V., & Varela, E. Z. (2013). *Modelo de gestión urbana sostenible*. Universidad del Norte.

Echenique, M. (1970). *Modelos: Una Discusión*. Separata de Revista de Planificación. Santiago, Noviembre.

Elefteriadou, L. (2014). *An introduction to traffic flow theory*. Springer.

Estache, A., Ginés de Rus. (2003) *Privatización Y Regulación de Infraestructuras de Transporte: Una Guía Para Reguladores.* Banco Mundial-Alfaomega.

Evans, M. R., Rajewsky, N., & Speer, E. R. (1999). Exact solution of a cellular automaton for traffic. Journal of statistical physics, 95(1-2), 45-96.

Feige, I. (2007). *Transport, Trade and Economic Growth – Coupled or Decoupled?* Springer.

Ferragut, J., Mangues-Bafalluy, J., Núñez-Martínez, J., & Zdarsky, F. (2012). *Traffic and mobility management in networks of femtocells*. Mobile Networks and Applications, 17(5), 662-673.

Figueroa, O. (2005). Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina. EURE (Santiago), 31(94), 41-53.

Filippini, G., Nigro, N., & Junco, S. (2005). *Estudio del comportamiento dinámico de vehículos terrestres utilizando la técnica de Bond Graphs*. Mecánica Computacional, 24, 29-34.

Finnegan, P., & Green, P. (1990). *TIME TO CHANGE LANES: A LITERATURE REVIEW* (No. IVHS-TR-90-13).

Fitch, G. M., & Hankey, J. M. (2012, September). *Investigating improper lane changes: driver performance contributing to lane change near-crashes.* In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 56, No. 1, pp. 2231-2235). Sage Publications.

Fondo de Cultura Económica. (1987) *La reconversión industrial en América Latina, VIII: industria de equipo de transporte*. I Seminario Latinoamericano de Reconversión Industrial. Fondo de Cultura Económica.

Fouladvand, M. E., & Belbasi, S. (2009). *Vehicular Traﬃc Flow at a Non-Signalised Intersection*. Traffic and Granular Flow'07, 287.

Franz Mayinger. Ed. (2001). *Mobility and Traffic in the 21st Century*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Furmanov, I., Churbanova, N., Trapeznikova, M., (2013) *Multilane Vehicular Traffic Simulation Using the CA Theory.* Traffic and Granular Flow '11 85-93. Springer Berlin Heidelberg

García Gallardo, O. (2011). *Simulación basada en agentes de tráfico aéreo* (Doctoral dissertation).

García-Valdecasas Medina, J. I. (2011). *La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales*. Revista Española de Investigaciones Sociológicas, 136(1), 91-109.

Galindo, L. M., Heres, D. R., & Sánchez, L. (2006). *Tráfico inducido en México: contribuciones al debate e implicaciones de política pública*. Estudios Demográficos y Urbanos, 123-157.

Galla, T. (2010). *Independence and interdependence in the nest-site choice by honeybee swarms: agent-based models, analytical approaches and pattern formation*. Journal of theoretical biology, 262(1), 186-196.

Garza, G., Schteingart, M., Coor. (2010). *Desarrollo urbano y regional*. T-II Los grandes problemas de México. El Colegio de México.

Gavrilova, M., Tan, C. J. Kenneth. Eds (2011). *Neural Network Based Lane Change Trajectory Prediction in Autonomous Vehicles*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6750. Transactions on Computational Science XIII. Springer.

Gazis, D. C. (2002). *Traffic Theory*. Kluwer´s International Series.

Gershenson, C. (2013). *Living in living cities*. Artificial life, 19(3\_4), 401-420.

Gershenson, C., & Fernández, N. (2013). Measuring the Complexity of Self-organizing Traffic Lights.

Gershenson, C. (2012). Self-organizing urban transportation systems. In Complexity Theories of Cities Have Come of Age (pp. 269-279). Springer Berlin Heidelberg.

Gershenson, C. (2004). Self-organizing traffic lights. arXiv preprint nlin/0411066.

Gershenson, C. (2003). Artificial neural networks for beginners. arXiv preprint cs/0308031.

Gershenson, C. (2003). Self-organizing traffic control: First results. arXiv preprint nlin/0309039.

Gershenson, C., Prokopenko, M. (2011). *Complex Networks*. Artificial Life 17(4):259—261.

Gershenson, C., & Rosenblueth, D. A. (2012). Self‐organizing traffic lights at multiple‐street intersections. Complexity, 17(4), 23-39.

Girardotti, L. M. (2003). *Función económica del transporte*. Facultad de Ingeniería UBA

Gold, P. A. (1998). *Seguridad de tránsito: aplicaciones de ingeniería para reducir accidentes*. Banco Interamericano de Desarrollo

Gómez Restrepo, A. (2005). *El estado del arte en la modelación de problemas de tránsito* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).

González, M. C., Hidalgo C. A., & Barabási A.-L. (2008). *Understanding individual human mobility patterns*. Nature 453 (5). 779-782

Graizbord, B. (2008) *Geografía del transporte en el árrea metropolitana de la Ciudad de México*. El Colegio de México.

Gravan, S. (2002). *Urban Transportation Systems: Choices for Communities*. McGraw Hill Professional.

Gray, L., & Griffeath, D. (2001). The ergodic theory of traffic jams. Journal of Statistical Physics, 105(3-4), 413-452.

GUERRERO-IBAÑEZ, J. A., DAMIÁN-REYES, P. E. D. R. O., FLORES-CORTES, C. A., & LLAMAS-VIRGEN, P. A. U. L*. Plataforma para Gestión de la Red de Semáforos de Zonas Urbanas*.

Guerrero, J. E. M. S. G., Díaz-Mariano, R. A. Q. D., & Castro, J. K. M. *Teorías de la Complejidad y el Caos en Ciencias Sociales. Modelos Basados en Agentes y Sociedades Artificiales*.

Guillén, S. T. (1989). *Estimadores de máxima entropía en modelos de transporte urbano.* UNAM, Instituto de Ingeniería.

Guimera, R., & Amaral, L. A. N. (2004). *Modeling the world-wide airport network*. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 38(2), 381-385.

Günther, H. O., & Kim, K. H. (Eds.). (2005). Container terminals and automated transport systems. Springer.

Guoqing, G., Poming, H., Binghong, W., & Shiqiang, D. (1998). *Two-dimensional cellular automaton traffic model with randomly switching traffic lights*. Applied Mathematics and Mechanics, 19(9), 807-813.

Gurr, J. M., & Walloth, C., Scmidt, J. A. (2014). *Understanding Complex Urban Systems: Multidisciplinary Approaches to Modeling*. Springer International Publishing.

Guzmán Gutiérrez, H. A. (2012). Un modelo realista para el tráfico vehiular heterogéneo basado en el paradigma de autómatas celulares. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

Gwilliam, K. (2002). *Cities on the move: a World Bank urban transport strategy review*. The World Bank Washington, D.C.

Hamdar, S. (2012). *Driver Behavior Modeling*. In Handbook of Intelligent Vehicles (pp. 537-558). Springer London.

Herce Vallejo, M. (2009). *Sobre la Movilidad en la Ciudad.* Propuestas para recuperar un derecho ciudadano. Editoria Reverté.

Herty, M., Moutari, S., & Rascle, M. (2008*). Intersections Modeling with a Class of “Second-Order” Models for Vehicular Traffic Flow*. In Hyperbolic Problems: Theory, Numerics, Applications (pp. 755-763). Springer Berlin Heidelberg.

Hetrick, S. (1997). *Examination of driver lane change behavior and the potential effectiveness of warning onset rules for lane change or “side” crash avoidance systems* (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute & State University).

Hickman, M., Mirchandani, P., Voß, S. (Eds.). 2008. *Computer-aided Systems in Public Transport*. Springer.

Hill, C. (2012). *Lane Changing on Freeways* (Doctoral dissertation, University of Florida).

Hoekstra, A. G., Kroc, J., & Sloot, P. (2010). *Simulating complex systems by cellular automata*. Springer.

Hoen, K. M. R., Tan, T., Fransoo, J. C., & Van Houtum, G. J. (2014). *Effect of carbon emission regulations on transport mode selection under stochastic demand.* Flexible Services and Manufacturing Journal, 26(1-2), 170-195.

Hoogendoorn, S. P., Luding, S., Bovy, P. H., Schreckenberg, M., & Wolf, D. E. (2007). *Traffic and granular flow'03*. Springer.

Horng, G. J., Chou, C. L., Chou, J. H., Li, J. P., & Cheng, S. T. (2014). *The Adaptive Recommendation Mechanism for Lane-Changing at Safe Distances in Vehicular Environments*. Wireless Personal Communications, 75(2), 1061-1077.

Hwang, S. Y., & Park, C. H. (2005). **Modeling of the gap acceptance behavior at a merging section of urban freeway**. In Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies (Vol. 5, pp. 1641-1656). Tokyo: Eastern Asia Society for Transportation (EASTS).

Ilagorre García, J. G. (200). *Meso-Simulación de Tráfico Vehicular.* Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.

Islas López, G. J. (2013). *Modelos Dinámicos Histeréticos para la Relación Flujo-Densidad en Tráfico Vehicular*. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería.

Islas Rivera, V., (1992) *Estructura y Desarrollo del Sector Transporte en México*. El Colegio de México

Islas Rivera, V., (2000). *Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte en la Ciudad de México.* El Colegio de México.

Islas Rivera, V., Torres Vargas, G., Rivera Trujillo, C. (2000). *Productividad en el transporte Mexicano*. Instituto Mexicano del transporte-Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Iyetomi, H., Aoyama, H., Fujiwara, Y., Ikeda, Y., & Souma, W. (2009). Agent-based model approach to complex phenomena in real economy. arXiv preprint arXiv:0901.1794.

Izquierdo, L. R., Galán, J. M., Santos, J. I., & Olmo, R. D. (2008). *Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas*. EMPIRIA: Revista de Metodología de Ciencias Sociales, 16.

Izquierdo R., Vassallo, J. M, (2005) *Nuevos Sistemas de Gestión y Financiación de Infraestructuras de Transporte*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Jaskiewicz, T. (2010, January). *Complex Multiplayer Urban Design System–Concept and Case Studies*. In Euro-Par 2009–Parallel Processing Workshops (pp. 300-309). Springer Berlin Heidelberg.

Jia, T. (2012). *Geospatial Knowledge Discovery using Volunteered Geographic Information: a Complex System Perspective*. Doctoral Dissertation. Department of Urban Planning and Environment Royal Institute of Technology (KTH). Division of Geodesy and Geoinformatics.

Jiang, B., Yin, J., & Zhao, S. (2009). *Characterizing the human mobility pattern in a large street network*. Physical Review E, 80(2), 021136.

Jiang, R., Yuan, Y. M., & Nishinari, K. (2009). On the Approximation Solution of a Cellular Automaton Traffic Flow Model and Its Relationship with Synchronized Flow. In Complex Sciences (pp. 100-109). Springer Berlin Heidelberg.

Jiménez Jiménez, J. J. (1996). *El transporte de autobuses urbanos: diseño y aplicación de indicadores de productividad*. Universidad Autónoma del Estado de México.

Johnson, P. A., & Sieber, R. (2009). *Agent-based modelling: a dynamic scenario planning approach to tourism PSS*. In Planning support systems best practice and new methods (pp. 211-226). Springer Netherlands.

Julia Sort, J. (2006). *Redes Metropolitanas.* Gustavo Gili.

Kallenrode, M., B., (2006). *Modeling Transport*. Universität Osnabrück

Kannegiesser, M., Günther, H. O., Gylfason, Ó. (2013). *Sustainable development of global supply chains—part 2: investigation of the European automotive industry*. Springer Science. (48-68).

Käppler, W. D. (2008). *Smart Driver Training Simulation* (Vol. 1). Springer.

Kerner, B. S. (2009). *Introduction to modern traffic flow theory and control*. Berlin: Springer.

Kerner B. S. (2004). *The Physics of Traffic Empirical Freeway Pattern Features, Engineering Applications, and Theory*. Springer.

Kerner, B. S. (2001). Complexity of synchronized flow and related problems for basic assumptions of traffic flow theories. Networks and Spatial Economics, 1(1-2), 35-76.

Kim, J., Park, Y., Kim, C., & Lee, H. (2014). *Mobile application service networks: Apple’s App Store*. Service Business, 8(1), 1-27.

Kitamura, R., & Kuwahara, M. (2006). *Simulation approaches in transportation analysis: recent advances and challenges* (Vol. 31). Springer.

Klar, A., Greenberg, J. M., & Rascle, M. (2003). *Congestion on multilane highways*. SIAM Journal on Applied Mathematics, 63(3), 818-833.

Klügl, F., Bazzan, A., & Ossowski, S. (2005). *Applications of agent technology in traffic and transportation*. Birkhäuser Verlag.

Kong, K. S. (2013). *Exploiting Mobility/Traffic Characteristics for PMIPv6-Based Distributed Mobility Management*. In IT Convergence and Security 2012 (pp. 743-748). Springer Netherlands.

Koornstra, M. J. (2007). *Prediction of traffic fatalities and prospects for mobility becoming sustainable-safe*. Sadhana, 32(4), 365-395.

Krajzewicz, D. (2010). *Traffic simulation with SUMO–simulation of urban mobility*. In Fundamentals of Traffic Simulation (pp. 269-293). Springer New York.

Kukharchyk, T., Mahrikova, I., & Marsalek, J. (Eds.). (2006). *Integrated urban water resources management* (Vol. 10). Springer.

Lam H. K. W, Bell, M. G. H. (2003) *Advanced Modeling for Transit Operations and Service Planning*. Emerald Group Publishing Limited.

Lampis, M. (1977). *On the Prigogine theory of traffic flow: Driver's program independent of concentration*. Meccanica, 12(4), 187-193.

Latapí, A. E. (1995). *Movilidad, restructuración y clase social en México: el caso de Guadalajara*. Estudios sociológicos, 231-259.

Laval, J. A., & Daganzo, C. F. (2006). *Lane-changing in traffic streams*. Transportation Research Part B: Methodological, 40(3), 251-264.

Lawniczak, A. T., & Tang, X. (2006). *Network traffic behaviour near phase transition point*. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 50(1-2), 231-236.

Lazo Margáin, L., Sánchez Ángeles G. (1981). Una fisonomía de la ingeniería de tránsito. Miguel Ángel Porrúa.

Lee, C., An, M., & Noh, Y. (2014). The effects of emotional display rules on flight attendants’ emotional labor strategy, job burnout and performance. Service Business, 1-17.

Lee, G. (2006). *Modeling gap acceptance at freeway merges* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Lee, J. H. *A new routing scheme to reduce traffic in large scale mobile ad-hoc networks through selective on-demand method*. Wireless Networks, 1-17.

Lee, K., Goh, S., Park, J. S., Jung, W. S., & Choi, M. Y. (2011). Master equation approach to the intra-urban passenger flow and application to the Metropolitan Seoul Subway system. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 44(11), 115007.

Lee, S. E., Olsen, E. C., & Wierwille, W. W. (2004). *A comprehensive examination of naturalistic lane-changes* (No. HS-809 702,).

Lee, Y. S., & Shin, W. J. (2014). *Marketing tradition-bound products through storytelling: a case study of a Japanese sake brewery*. Service Business, 1-15.

Leones Viloria, A. A. (2013). Modelo computacional en paralelo de flujo y transporte. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado de Ciencia e Ingeniería de la Computación.

Lezama, J. L. (1998). Impacto del consumo doméstico en el medio ambiente urbano: El caso del uso del transporte en la ciudad de México. Estudios Demográficos y Urbanos, 529-560.

Lezama, J. L. Morelos, J. B. (2006) *Población, ciudad y medio ambiente en el México contemporáneo.* El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.

Li, T., & Zhang, H. M. (2001). *The mathematical theory of an enhanced nonequilibrium traffic flow model*. Networks and Spatial Economics, 1(1-2), 167-177.

Li, X. G., Jia, B., & Jiang, R. (2009). *The Effect of Lane-Changing Time on the Dynamics of Traffic Flow*. In Complex Sciences (pp. 589-598). Springer Berlin Heidelberg.

Liesa Mestres, F., Gallegos Díez, D., Moreno Eguilaz, J. M., & Salvadó Sánchez, F. *ASISTENTE INTELIGENTE PARA MANIOBRA DE CAMBIO DE CARRIL*. 8º CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECANICA.

Lim, Y. S., Ribeiro, B., & Towsley, D. *Classifying Latent Infection States in Complex Networks.*

Litman, T (2012) *Gestión de la Movilidad para México*. Beneficios para su Desarrollo económico. Victoria Transport Policy Institute.

López Olvera, M. A. (2007) *el Transporte de Pasajeros y El Sistema Vial en la Ciudad de México.* Biblioteca Jurídica Virtua del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.

Lozano, A., Torres, V., & Antún, J. P. (2003) *Tráfico Vehicular en zonas Urbanas*. Ciencias (070).

Lozano Cuevas, A. Et. Al. (2006). *Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México (EIMTC-MAVM)*. Síntesis de resultados. Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales. Instituciones de Ingeniería. UNAM*.*

Manual Técnico de Diseño de Sistema Vial Urbano. Sedesol. (1993) Vialidad Urbana.

Maerivoet, S., & De Moor, B. (2005). *Cellular automata models of road traffic*. Physics Reports, 419(1), 1-64.

Maria de Almeida, C., Batty, M., Vieira Monteiro, A. M., Câmara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2003). *Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation.* Computers, Environment and Urban Systems, 27(5), 481-509.

Marín Luna, J. (2010). El transporte urbano y su impacto económico en la Delegación Coyoacán (2000-2006). UNAM. Facultad de Económia.

Martner Peyrelongue, C. (2008) *transporte Multimodal y Globalización en México*. Trillas.

Masucci, A. P., Stanilov, K., & Batty, M. (2013). *Limited urban growth: London's street network dynamics since the 18th century*. PloS one, 8(8), e69469.

Mayinger, F. Ed. (2001). *Mobility and traffic in the 21st Century*. Springer

Mayorano, F., D'Amato, J. P., Rubiales, A., & Lotito, P. (2008). Prototipo de simulador de tráfico vehicular. In X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

México Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2000) El transporte hacia el tercer milenio: el cambio estructural en el sector transportes 1995-2000. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Milgram, S. (1974). *The experience of living in cities*. Crowding and behavior, 167, 41.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2008). *Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación*. Santiago de Chile

Miralles-Guasch, Carme. (2002). *Ciudad y transporte. El Binomio Imperfecto.* Ariel Geografía.

Miyajima, C., Nishiwaki, Y., Ozawa, K., Wakita, T., Itou, K., Takeda, K., & Itakura, F. (2007). *Driver modeling based on driving behavior and its evaluation in driver identification*. Proceedings of the IEEE, 95(2), 427-437.

Molinero Molinero. Á. R., Sánchez Arellano, L. I. (2005). *Transporte público: Planeación, diseño, operación y administración.* Universidad Autónoma del Estado de México.

Monetti, J., Leon, O., Brachetta, M., Caymes Scutari, P., Celeste Sánchez, P., & Manzano, A. (2013, June). *Automatización en la captura de datos para el modelado de flujo vehicular en zonas urbanas.* In XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.

Morante, A. B. (1973). *Stability in kinetic theory of vehicular traffic*. Meccanica, 8(1), 11-15.

Moreno, J. R., Ortiz, J. D. C., Gracia, J. R. S., Canelada, F. J., & Sanz, J. M. (2001, September). *MODELO DE CAMBIO DE CARRIL PARA UN SIMULADOR MICROSCÓPICO DE TRÁFICO URBANO*. In IV Congreso de Ingeniería de Organización.

Moriarty, D. E., & Langley, P. (1998, July). *Learning cooperative lane selection strategies for highways*. In AAAI/IAAI (pp. 684-691).

Moussa, N., & Daoudia, A. K. (2003). *Numerical study of two classes of cellular automaton models for traffic flow on a two-lane roadway*. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, 31(3), 413-420.

Mula Vivero, I. (2009). Estudio del comportamiento dinámico de un vehículo utilizando la herramienta Simmechanics de MATLAB.

Munizaga Vigil, G. (2000) *Diseño Urbano. Teoría y Método* 2ª Edición. Alfaomega-Universidad Católica de Chile.

Muñoz, J. C., & Daganzo, C. F. (2004). *Moving bottlenecks: a theory grounded on experimental observation*. University of California Transportation Center.

Nagel, K. (2002). *Celular Automata Models for Transportation Applications.* Springer.

Naja, R. (Ed.). (2013). *Wireless vehicular networks for car collision avoidance*. Springer.

Navarro Benítez. B. (1995) *Gestión del Transporte Público de la Ciudad de México*. Diseño de Estructura. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco.

Navarro Benítez, B., Guevara González, I., (2000). *Área metropolitana de la Ciudad de México: prácticas de desplazamiento y horarios laborales.* Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Navarro Benítez, B., Guevara González, R. I., Pérez Campos, L. C., (1995) *Horarios Laborales y prácticas de desplazamiento*. IIES-UNAM-PUE-UNAM

Newman, P. & Kenworthy, J. (1999) *Sustainability and Cities. Overcomingg Automobile Dependence*, Island Press.

Noël, P. A., Brummitt, C. D., & D’Souza, R. M. (2013). *Controlling self-organizing dynamics on networks using models that self-organize*. Physical review letters, 111(7), 078701.

Noormohammadpour, M., Salehi, M. J., Pari, S. M. A., Khalaj, B. H., Bagheri, H., & Katz, M. (2013). ABMQ: *An Agent-Based Modeler and Simulator for Self-Organization* in MANETs using Qt. arXiv preprint arXiv:1312.2241.

NOVOA CATANO, J. A. V. I. E. R. (2008). *Análisis de la Probabilidad de Accidentes Vehiculares en un Modelo Propuesto de Flujo de Tráfico Vehicular Multi-Carril* (Doctoral dissertation).

O’Brien, O., Cheshire, J., & Batty, M. (2013). Mining bicycle sharing data for generating insights into sustainable transport systems. Journal of Transport Geography.

Odériz, F. J. R. (1999). *Metodología de asignación de costes de la red de transporte en un contexto de regulación abierta a la competencia*. Universidad Pontificia Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

Olívera Bustamante, F. (1997) *Estructuración de vías terrestres*, 2ª Ed. CECSA

Ortúzar, J. de D., Willumsen, L. G. (2011) *Modelling Transport* 3ª Ed*.* Wiley.

Pachón de la Cruz, A., Nieto, C. F., & Velasco Vivas, M. L. (2010). *Modelos de comportamiento de las redes vehiculares en sus escenarios más representativos, utilizando simulación en la herramienta NCTUns*. Sistemas y Telemática.

Palomas Molina, X. (2005). *Selección de alternativas de inversión en la construcción de obras viales en la Ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería.

Papageorgiou M. (1983). *Applications of automatic control concepts to traffic flow Modeling and control.* Springer.

Pardo, C. F. (2009). *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivo en las principales ciudades de América Latina*. Retrieved July 26, 2012, from Cepal publicaciones.

Park, M. J. (2012). Three phase traffic theory.

Pavez Reyes, M. I. (2006). *Vialidad y transporte en la metrópoli de Santiago, 1950-1979: concepto y estrategia de ordenación del territorio en el marco de la planificación urbana y regional por el Estado de Chile* (Doctoral dissertation, Arquitectura).

Pavón, J., López-Paredes, A., Galán, J.M. (2012) *Modelado basado en agentes para el estudio de sistemas complejos*. Novática 218, pp. 13-18

Peralta Cortés, B., (2008) *Modelado de tráfico vehicular mediante redes neuronales recurrentes*. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

Pérez García, N., Garnica Anguas, P., (2014). *Volumen Alfonso Rico Rodríguez*. Instituto Mexicano del Transportes.

Piccoli, B., & Tosin, A. (2009). *Vehicular traffic: A review of continuum mathematical models*. In Encyclopedia of Complexity and Systems Science (pp. 9727-9749). Springer New York.

Placer, C. C., García, A. S., Vilán, J. V., & Fernández, S. C. Análisis del comportamiento dinámico de un automóvil dotado de asientos basculantes.

Puebla, J. G. (1998, January). *Redes, espacio y tiempo*. In Anales de geografía de la Universidad Complutense (Vol. 18, p. 65).

Pouyan, A. A., Ekrami, S., & Taban, M. (2011, May). *A Distributed Multi-Agent Control Model for Railway Transportation System*. In ICAS 2011, The Seventh International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (pp. 24-28).

Pumain, D. (2004). *Scaling laws and urban systems*. Santa Fe Institute, Working Paper n 04-02, 2, 26.

Qi, H., Wang, D., Chen, P., & Bie, Y. (2014). *Location-dependent lane-changing behavior for arterial road traffic*. Networks and Spatial Economics, 14(1), 67-89.

Ramanujam, V. (2007). *Lane changing models for arterial traffic* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Ramírez Flores, J. C. (2014) *Diagnóstico sobre la situación actual del sistema de transporte público en el Estado de México*. Propuesta de Sistema Metropolitano de Transporte para los Municipios Conurbados del Estado de México. UNAM. Facultad de Economía.

Rao, N. S., Gao, J., & Chua, L. O. (2005). On Dynamics of Transport Protocols Over Wide-Area Internet Connections. In Complex Dynamics in Communication Networks (pp. 69-101). Springer Berlin Heidelberg.

Rastelli, J. P., De Pedro, T., & Santos, M. (2012, February). *Controladores borrosos para la dirección de vehículos autónomos en maniobras dentro de entornos urbanos*. In XVI Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy.

Ren, D., Zhang, J., Zhang, J., & Cui, S. (2011*). Trajectory planning and yaw rate tracking control for lane changing of intelligent vehicle on curved road*. Science China Technological Sciences, 54(3), 630-642.

Reyes Espíndola. R. C y M., Cárdenas Grisales. J. (2004). *Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones.* 7ª Edición. Alfaomega.

Rivas Tovar, L. A., ET AL. (2010) *Incentivos y desincentivos en los sistemas de transporte público en Londres, Madrid y la Ciudad de México*. IPN

Rodaro, E., & Yeldan, Ö. (2013). A multi-lane traffic simulation model via continuous cellular automata. arXiv preprint arXiv:1302.0488.

Rodríguez López, J., Navarro Benítez B. (1999) *El transporte urbano de pasajeros de la Ciudad de México en el siglo XX*. Comité Editorial del Gobierno del Distrito Federal.

Rodríguez Niño, D. F., Ardila Díaz., G. O. (2002). *Concurrencia en sistemas multiagente: implementación de un simulador de tráfico urbano.* Proyecto de Investigación II. Director: Ing. Enrique González Guerrero. Pontificia Universidad Javeriana. Bogota.

Romero Pérez, V. (2009). *Creación de un entorno 3d para la simulación de tráfico urbano.* Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. Ingeniería Informática.

Ruíz Rodríguez, J. M. (2008) *Transporte de mercancías por carretera. Capacitación profesional*. Marge Books.

Salvucci, D. D., Liu, A., & Boer, E. R. (2001). *Control and monitoring during lane changes*. Vision in Vehicles, 9.

Santana Rivas, I., J. (2009). *Modelación y simulación de la dinámica de eatones usando Autómatas Celulares con condiciones de frontera abiertas y periódicas*. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Computación.

SARVI, M., & ROSE, G. (2007, September). *Modelling lane changing behaviour of heavy commercial vehicles*. In AUSTRALASIAN TRANSPORT RESEARCH FORUM (ATRF), 30TH, 2007, MELBOURNE, VICTORIA, AUSTRALIA, VOL 30.

Schill, A., Held, A., Böhmak, W., Springer, T., & Ziegert, T. (1998, January). *An agent based application for personalized vehicular traffic management*. In Mobile Agents (pp. 99-111). Springer Berlin Heidelberg.

Schroeder, S., Zilske, M., Liedtke, G., & Nagel, K. (2012). *Towards a multi-agent logistics and commercial transport model: The transport service provider's view*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 39, 649-663.

Schreckenberg, M., Selten, R. Eds. (2004) *Human Behaviour and Traffic Networks*. Springer.

Schneider, S. M., Belik, V., Couronné, T., Smoreda, Z., González, M. C. (2013) *Unraveling Daily Human Mobility Motifs*. Orange Labs, 38 rue du Général Leclerc, 92794 Issy les Moulineaux, France.

Serrano Cornejo., B. J. (2012). El sistema ineficiente del transporte de pasajeros en el Distrito Federal: implicaciones en la movilidad de la población y en el Medio Ambiente. UNAM. Maestría en Urbanismo.

Shin, I. R. N. M., Lee, S. H. N. K., & Chong, S. (2007). *Human mobility patterns and their impact on routing in human-driven mobile networks*.

Simini, F., González, M. C., Maritan, A., & Barabási, A. L. (2012). A universal model for mobility and migration patterns. Nature, 484(7392), 96-100.

Singh, K., & Li, B. (2012). *Discrete choice modelling for traffic densities with lane-change behaviour*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 43, 367-374.

Sirakoulis, Georgios Ch., Bandini, Stefania (Eds.) (2012). Cellular Automata. 10th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, ACRI 2012, Santorini Island, Greece, September 24-27, 2012. Springer.

Smilowitz, K. R., Daganzo, C. F., Cassidy, M. J., & Bertini, R. L. (1999). *Some observations of highway traffic in long queues*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1678(1), 225-233.

Smith, R. D. (2009). *Data Traffic Dynamics and Saturation on a Single Link*. International Journal of Computer, Information & Systems Science & Engineering, 3(1).

Soares, V. N., Farahmand, F., & Rodrigues, J. J. (2011). Traffic differentiation support in vehicular delay-tolerant networks. Telecommunication Systems, 48(1-2), 151-162.

Solís, P. (2011). Desigualdad y movilidad social en la ciudad de México. Estudios Sociológicos, 283-298.

Strang, Th., Festag, A., Vinel, A., Mehmood, R., Rico Garcia, C., Röckl, M. (Eds.) (2011). *Communication Technologies for Vehicles*. Third International Workshop, Nets Cars/Nets Trains 2011, Oberpfaffenhofen, Germany, March 23-24, 2011, Proceedings Series: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6596 Subseries: Computer Communication Networks and Telecommunications. Springer

SUBSECRETARIA, D. D. U. Y. O., & TERRITORIO, D. (2001). Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. *Manual de Diseño Geométrico de Vialidades* Tomo IV, México.

Sun, D. J. (2009). *A lane-changing model for urban arterial streets* (Doctoral dissertation, University of Florida).

Sun, Y., & Ioannou, P. A. (1995). *A Handbook for Inter-Vehicle Spacing in Vehicle Following* (No. UCB-ITS-PRR-95-1).

Sussman, J. (2000) *Introduction to Transportation Systems.* Artech House, Incorporated.

Tang, T., Huang, H., Wong, S. C., & Jiang, R. (2008). *A car-following model with the anticipation effect of potential lane changing*. Acta Mechanica Sinica, 24(4), 399-407.

Tang, T., Huang, H., Wong, S. C., & Jiang, R. (2007). *Lane changing analysis for two-lane traffic flow.* Acta Mechanica Sinica, 23(1), 49-54.

Tarifa, E. (2001). *Teoría de modelos y simulación*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Jujuy.

Thakur, G. S., Hui, P., & Helmy, A. (2013). The structure and traffic flow anatomy of the planet-scale urban vehicular mobility. Networking Science, 1-11.

ThomasBöhme, A. M., & Unger, H. (2006). *Innovative Internet Community Systems.* Springer.

Thomson, I. (2001) *El desarrollo institucional del transporte en América Latina durante los últimos veinticinco años del siglo veinte.* CEPAL-ECLAC División de Recursos Naturales e Infraestructura. Unidad de transporte.

Thomson, J. M., (1976) *Teoría económica del transporte. Curso de Economía Moderna*. Alianza Universidad.

Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*, serie Recursos naturales e infraestructura, N 25 (LC/L. 1560-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, Nº de venta: S, 1.

Toledo, T., & Zohar, D. (2007). *Modeling duration of lane changes*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1999(1), 71-78.

Torres Garibay, J. V. (2006). Consecuencias e Interacciones del desarrollo reciente de la ciudad de México y su red vial. Nuevas metodologías para el análisis de los fenómenos urbanos y la operación de la infraestructura vial, en una mega ciudad latinoamericano. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Urbanismo.

Tranouez, P., Daudé, É., & Langlois, P. (2012). *A multiagent urban traffic simulation*. arXiv preprint arXiv:1201.5472.

TRANSPORT, U. (2002). *Cities on the move*.

Trapeznikovaa, M. A., Furmanova, I. R. Churbanovaa, N. G. Lipp, R. (2010) *Simulating Multilane Traffic Flows Based on Cellular Automata Theory*. Mathematical models and computer simulations 4 (1).

Treiber, M., & Kesting, A. (2013). *Lane-Changing and Other Discrete-Choice Situations*. In Traffic Flow Dynamics (pp. 239-255). Springer Berlin Heidelberg.

Truyols Mateu, S. (2008) *Introducción a la ingeniería del transporte. Teoría y práctica*. 5ª Ed. Delta Publicaciones.

Truyols Mateu, S., Hernáiz Casanova, A. Alcubilla de la Fuente, F. (2012) *Ingeniería del Transporte Teoría y Práctica*. Delta Publicaciones-Grupo Vanchri.

Tsoumanis, A. C., Siettos, C. I., Bafas, G. V., & Kevrekidis, I. G. (2010). *Equation-free multiscale computations in social networks: from agent-based modeling to coarse-grained stability and bifurcation analysis*. International Journal of Bifurcation and Chaos, 20(11), 3673-3688.

Varela, E. Z., Suárez, J. G. R., & Rojas, S. A. (2013). Aplicaciones del enfoque sistémico y el de agentes para generar modelos de dinámicas urbanas. In Modelo de gestión urbana sostenible (pp. 90-111). Ediciones Uninorte.

Vasirani, M., & Ossowski, S. (2012). *A market-inspired approach for intersection management* in urban road traffic networks. Journal of Artificial Intelligence Research, 43(1), 621-659.

Vergara, R. A., Zurek, E. et. al. (2013) *Modelo de gestión urbana sostenible*. Barranquilla. Editorial Universidad del Norte.

Velasco, R. M., & Saavedra, P. (2008). *Macroscopic models in traffic flow. Qualitative Theory of Dynamical Systems*, 7(1), 237-252.

Vishal, V., Gugwad, S., & Singh, S. (2012). *Modeling and Verification of Agent Based Adaptive Traffic Signal using Symbolic Model Verifier*. International Journal of Computer Applications, 53.

Vizuet, G. I. (2010). *Política de vivienda y movilidad residencial en la Ciudad de México*. Estudios Demográficos y Urbanos, 277-316.

Voigt, F. (1964). *Economía de los sistemas de transporte*. Fondo de Cultura Económica.

Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning and Economics.* Wiley

Walloth, C., Gurr, J. M., Schmidt, J. A. Editors (2014). *Understanding Complex Urban Systems: Multidisciplinary Approaches to Modeling*. Springer-Verlag.

Wang, B. H., & Wamg, W. X. (2008). *Routing strategies in traffic network and phase transition in network traffic flow*. Pramana, 71(2), 353-358.

Wang, W., & Wets, G. (Eds.). (2012). *Computational Intelligence for Traffic and Mobility* (Vol. 8). Springer.

Willumsen, L. (2014). *Modelos simplificados de transporte urbano*. Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales, 12(33).

Xu, Y., Luo, F., & Tian, X. (2009). *Adaptive Cellular Automata Traffic System Model Based on Hybrid System Theory*. In Intelligent Robotics and Applications (pp. 994-1003). Springer Berlin Heidelberg.

Yan-lin, W., & Tie-jun, W. (2002). *Car-following models of vehicular traffic*. Journal of Zhejiang University Science, 3(4), 412-417.

Yin, L., He, Y., Dong, X., & Lu, Z. (2012). *Multi-step Prediction of Volterra Neural Network for Traffic Flow Based on Chaos Algorithm*. In Information Computing and Applications (pp. 232-241). Springer Berlin Heidelberg.

Zamorano, C., Bigas, J. M., Sastre, J. (2004) *Manual para la planificación, financiación e implantación de sistemas de transporte urbano*. Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

Zhu, H., & Li, M. (2013). *Realistic Vehicular Mobility Models*. In Studies on Urban Vehicular Ad-hoc Networks (pp. 23-39). Springer New York.

1. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://www.caliper.com/TransCAD/introduccion.htm> [↑](#footnote-ref-1)
2. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://www.caliper.com/transmodeler/descripcion.htm> [↑](#footnote-ref-2)
3. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://www.aimsun.com/wp/?page_id=2048&lang=es> [↑](#footnote-ref-3)
4. Consultado el 15 de octubre de 2014: <https://www.arenasimulation.com/industry-solutions/logistics-simulation-software> [↑](#footnote-ref-4)
5. Consultado el 15 de octubre de 2014: <https://www.arcgis.com/features/features.html>. [↑](#footnote-ref-5)
6. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/use-cases/> [↑](#footnote-ref-6)
7. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://www.cattlab.umd.edu/?portfolio=explore-and-visualize-crashes> [↑](#footnote-ref-7)
8. Consultado el 15 de octubre de 2014: <http://www.trl.co.uk/solutions/transport-futures/smart-cities/> [↑](#footnote-ref-8)
9. Consultado el 10 de diciembre de 2014; <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/relieve.aspx?tema=me> [↑](#footnote-ref-9)
10. Consultado el 21 de abril de 2014: [http://ccl.northwestern.edu//docs/](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/) [↑](#footnote-ref-10)