

Comparación general de modelos de tránsito implementados con ayuda de herramientas de modelación para planeación del transporte a nivel mundial

Rojas Victor¹, Enríquez Nhey², William German Mellado Aranzales³, Mary Luz Parra Gómez⁴

¹ Estudiante Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia, Colombia, victorhugo.rojas@lagrancolombia.edu.co

² Estudiante Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia, Colombia, nhey.enriquez@lagrancolombia.edu.co

³ Ingeniero Civil, Docente Universidad La Gran Colombia, William.mellado@ugc.edu.co

⁴ Docente Investigación, Universidad La Gran Colombia, parra.mary@ugc.edu.co

Resumen– El tránsito vehicular a nivel mundial aumenta con el crecimiento excesivo de la población, como consecuencia se generan problemas de movilidad en los diferentes puntos de la malla vial de una ciudad, como son los puntos en intersecciones vehiculares donde nace la llamada congestión. Para solución a este tipo de problemas se deben realizar planeaciones de tránsito y transporte como las relacionadas en el desarrollo de esta revisión, que son el referente de modelos a seguir en publicaciones de revistas indexadas, que abarcan problemas específicos y como estos son simulados en los programas de la casa PTV VISSIM/VISSUM. Estos programas dan soluciones a problemas de movilidad en ciudades, donde se requiera encontrar una planeación estratégica en toda el área metropolitana, o en un espacio delimitado (puntos de intersección vehicular, rotondas). En estos nudos se conglomeran un gran porcentaje de vehículos, y muchos de estos puntos no se encuentran con sistemas mecánicos y electrónicos que controlen el tráfico vehicular; sin embargo en algunos lugares ya se implementaron y esto ayudo a aliviar el flujo de carros. El principal objetivo es encontrar una alternativa que mejore el tránsito de la red vial especialmente en estos sitios de cruces donde se presenta el caos de movilidad.

Palabras clave– Intersecciones vehiculares, rotondas, sistemas adaptativos, semáforos, proyección poblacional.

Abstract– Vehicular traffic increases with excessive population growth, resulting mobility problems are generated at different points of the road network of a city, as are the points at intersections where the call vehicular congestion born. The solution for problems must be made planning traffic and transport as those related to the development of this review, which are the benchmark for models in publications indexed journals, covering specific problems and how they are simulated in house programs PTV VISSIM / VISSUM. These programs provide solutions to mobility problems in cities, where required to find a strategic planning throughout the metropolitan area or in a confined space (vehicular intersection points, roundabouts). These knots are conglomerated a large percentage of vehicles, and many of these points are not mechanical and electronic systems that control vehicular traffic; however in some places they have already been implemented and this helped ease the flow of cars. The main objective is to find an alternative to improve the traffic of the road network especially in these site crossings where mobility low is presented.

Keywords-- vehicular intersections, roundabouts, adaptive systems, traffic lights, population projection

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo tiene como función la revisión de diferentes estudios e investigaciones indexadas, acerca de planeaciones de transporte en los programas VISSIM Y VISUM, los cuales fueron implementados en diferentes zonas del mundo donde existe una problemática de tránsito puntual. Como solución a problemas de congestión vehicular la base del análisis se basa al estudio en puntos de intersección vial, donde se genera un tráfico denso y poco fluido, debido a la falta de sistemas de control de tránsito que permiten

calmar el flujo vehicular durante el desarrollo de la movilidad en un tramo vial.

El transporte urbano ha sido uno de los principales objetos de estudio a nivel mundial, con el fin de establecer una planeación efectiva de las diferentes zonas donde se encuentran problemas de movilidad en una ciudad [1]. También pueden abarcar modelos realizados que fueron calibrados para encontrar algún resultado específico y a su vez adaptarlo al tiempo real en donde sucede la problemática; estas investigaciones sobre planeación de tráfico y movilidad, pueden ser

guía para un nuevo caso de estudio en algunas zonas de Colombia donde se presente congestión vehicular y tránsito lento. [2]

En la planeación, los modelos adoptados analizan el estado actual de un lugar a estudiar, de acuerdo con las variables que contemplan éstos para obtener soluciones o comportamientos esperados a futuro [3]. Una de estas causas es el constante cambio de la demanda poblacional que juega un papel importante, por su constante crecimiento, y los espacios donde el ser humano interactuaba libremente, han sido ocupados y densificados cada vez más, en las diferentes regiones del mundo [4]; los problemas que genera el aumento en la población se han evidenciado en las ciudades donde se desarrollan diferentes actividades ejercidas por el hombre, que exigen herramientas tecnológicas como es el internet donde las distancias se han acortado [5], sin embargo la necesidad de desplazamiento es indispensable para satisfacer y desarrollar cualquier actividad donde se desee estar.

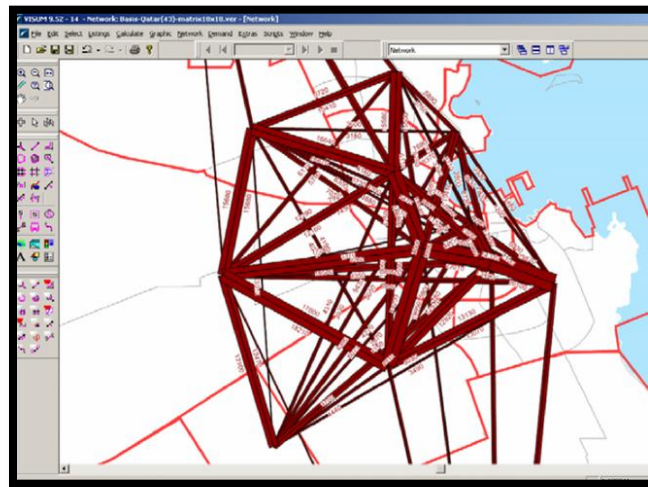
Durante los últimos años se han realizado diversos estudios, en el control de la movilidad respecto a la planeación del tráfico vehicular y de personas en todo el mundo. Estas investigaciones se adoptaron con el objetivo de poder estudiar problemáticas específicas, encontrando soluciones a la principal causa que hace al tránsito más lento y este no se controle ha debido tiempo [6].

PLANEACIÓN EN VISSIM/VISSUM

En las investigaciones consultadas se observa la importancia de la modelación y planeación de software de la casa PTV. Estos programas VISUM y VISSIM son unas de las herramientas más utilizadas a nivel mundial por su gran eficacia en la obtención de resultados reales para problemas de movilidad; ya sea un caso de estudio específico desde un estudio de sistema de transporte urbano para una ciudad hasta un estudio de una intersección vehicular [7] [8]. La principal función de este programa es modelar la parte de diseño y planeación de transporte en ciudades y

zonas donde se encuentra alguna red vehicular o de personas. También permite realizar observaciones de tránsito a nivel macro (VISUM), en donde se observa un modelo 3D del tráfico [9]; y a nivel microscópico (VISSIM) donde se puede observar desde una imagen más satelital el flujo y volúmenes del tránsito. Figura 1

Figura: 1 Movimientos de viajes de una zona de estudio en Qatar modelados en el programa VISSIM



Fuente: The role of vehicles identification techniques in transportation planning-the Qatar case study [10]

Antes de ingresar la información de entrada al VISUM/ VISSIM, se considera realizar un análisis preliminar para determinar el alcance de la modelación, debido a que toda investigación presenta unos detonantes que se convierten en la naturaleza del problema; entre estos se encuentra el crecimiento de la población, proyecciones a futuro y planeación del tránsito en general. [11] Estos tres factores van ligados a la zona de estudio como es la infraestructura vial; allí la población creciente interactúa dinámicamente en forma de tráfico donde se presentan los puntos de intersecciones, zonas semafóricas y/o rotondas [12]. Estos puntos de vía generan grandes congestiones vehiculares, convirtiéndose en los sitios de interés para su estudio, y desde allí se calibraran los datos que posteriormente cargaran a un modelo para el desarrollo de la movilidad en tiempo real y a largo plazo. [13]

Observar y analizar el comportamiento de los conductores en las intersecciones es uno de los factores que se deben tener en cuenta para el desarrollo de las próximas investigaciones, respecto a la congestión que se presenta en estos puntos de vía [10]. En uno de los casos de estudio la metodología aplicada incluye tres componentes principales: estudio de campo, modelo de microsimulación, y análisis de resultados. Los datos ajustados en el modelo fueron: flujo de tráfico, composición, grado, y el perfil de velocidad. Los perfiles de velocidad se definieron en el modelo por medio de 7 percentiles [6]. Con el propósito de aplacar el tráfico se deben cumplir dos objetivos principales: la reducción de frecuencias y la gravedad de los accidentes.

La seguridad vial tiene un rol importante para el desarrollo de una modelación adecuada; donde su principal objetivo es un tráfico calmado pero constante, por eso es importante una serie de elementos en la vía como son los reductores de velocidad tanto en rectas como en las curvas. La implementación de dispositivos para aplacar el tráfico implica una menor capacidad para las carreteras e intersecciones de una ciudad y esta tiene efectos operacionales; es decir, se pretende implementar dispositivos tanto mecánicos como electrónicos para el control de tráfico en el lugar del problema [14].

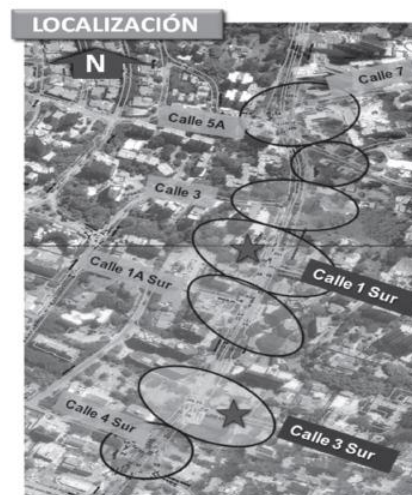
Para dar una solución con dispositivos que permitieran aplacar el tráfico a una red vial Según *García, Alfredo; Torres, Antonio José and Romero* [6] se llevó a cabo un estudio donde se analizan unos perfiles de velocidad continuos, los cuales se obtienen a partir de más de 900 conductores reales en cinco intersecciones con medidas de tráfico en calma. El comportamiento de los conductores fue calibrado y validado en una modelo de microsimulación usando VISSIM 5.1. evaluando la influencia de las MTC (*separación de la capacidad a lo largo de una carretera*) que atraviesa la ciudad.

SISTEMAS ADAPTATIVOS DE TRÁFICO

A nivel nacional, en la ciudad de Medellín se implementó un sistema adaptativo de tráfico llamado Sistema Adaptativo de Control de Tráfico Inteligente –

SACOT, este analiza una red vial por medio de arcos y nudos para determinar señales semafóricas dependiendo del número de vehículos que se encuentran en una intersección vehicular. El objetivo de la investigación se centra en localizar el lugar de la problemática en donde se realizan análisis de algunos aspectos como son: estructuración de escenarios de control responsivo, el cual construye una red vial existente actual con nodos y arcos de una red, posteriormente se realiza una calibración de los flujos medidos en los arcos. Allí se habla de una calibración del modelo y una validación de este y se realiza una comparación de los flujos en los arcos donde se mide el tráfico comparativo de velocidades. [2] figura 2.

Figura: 2 nodos de intersecciones vehiculares intervenidas en la ciudad de Medellín para el sistema SACOT en intersecciones [2]

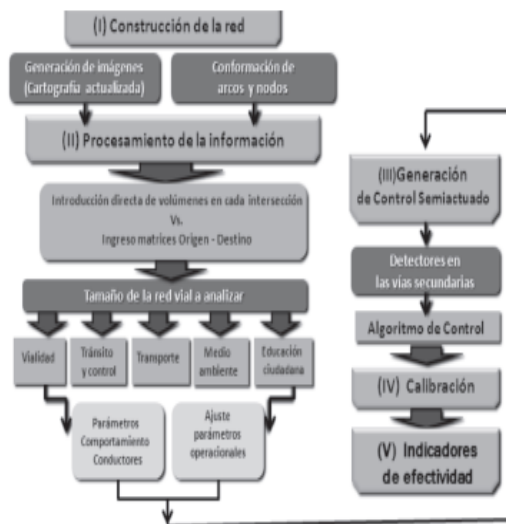


Fuente: artículo sistema adaptativo de control y optimización de tráfico de un corredor vial semaforizado. Aplicación en la ciudad de Medellín [2]

El estudio implementado un sistema en la ciudad que cuenta con 2,2 millones de habitantes; es necesario diseñar y modelar este sistema inteligente artificial adaptándolo a las intersecciones de unas vías arterias de la ciudad, donde se pretende instalar sistemas semafóricos con tecnología de punta que simule el medio real del tráfico de esta zona. [2] El modelo anterior sirve de base para realizar nuevos estudios investigativos en zonas donde una intersección no

tenga una sincronización semafórica adecuada. Figura 2.

Figura: 3 cuadro de escenario de control responsivo de conductores para el sistema SACOT en intersecciones [2]



Artículo sistema adaptativo de control y optimización de tráfico de un corredor vial semaforizado. Aplicación en la ciudad de Medellín [2]

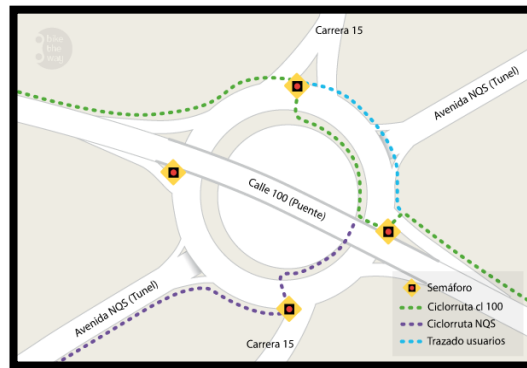
Puntos de congestión vehicular

Las intersecciones vehiculares son uno de los principales puntos de la vía donde se genera los altos volúmenes de tráfico, y esto genera caos y desconcierto a todos los usuarios que transitan por las autopistas de una ciudad. Un estudio realiza un análisis de nudos, escenarios de intersecciones y rotondas; en donde la capacidad de tráfico de las zonas analizadas oscila entre 1000 a 5000 vehículos por hora. [12] Este modelo tuvo en cuenta más 240 combinaciones de problemas que se podrían presentar en sitio al correr el modelo.

Comparando este análisis con un caso real, se puede proponer un estudio para aquellas intersecciones y rotondas de las principales ciudades de Colombia, donde se implementan sistemas adaptativos semafóricos para evitar los trancones y accidentes de tránsito en estos puntos. Sin embargo, otras

dificultades podrían tener a futuro debido a la demanda automóviles livianos y pesados que presentaría por el crecimiento poblacional durante los años. Este aumento de flujo vehicular obliga a instalar dispositivos de control en intersecciones y rotondas, como se muestra en la figura 3 y 4 donde se observa la implementación de estos sistemas en la glorieta de la calle 100 con carrera 15.

Figura: 4 Rotonda de la calle 100 con carrera 15 con sistemas adaptativos semafóricos para control del tráfico en la zona.



Fuente: <http://blogs.elespectador.com>

Figura: 5 Fotografía de la rotonda de la calle 100 con carrera 15 con la terminación del puente vehicular



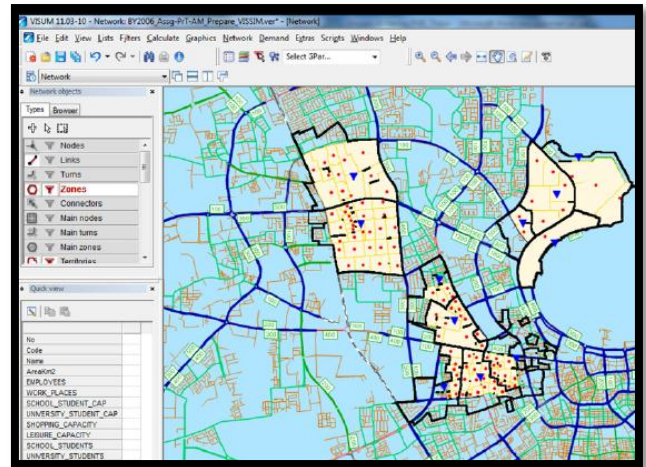
Fuente: www.lafm.com.co

PROYECCIONES POBLACIONALES

En otros lugares del mundo, se estudiaron planeaciones de transporte basadas en censos y proyecciones poblacionales a futuros, como es el caso de Qatar, allí se realizó una investigación para la movilidad del mundial de fútbol que se realizará en

este lugar para el año 2022, este determina el número de viajes origen y destino en cada zona de tráfico por medio de una modelación en VISUM basándose en RFID (*importancia de identificación por radio frecuencia*) Técnica en la consecución de una base de datos exhaustiva estratégica para parámetros de planificación que pueden afectar el comportamiento de viaje de los pasajeros y en consecuencia el transporte de Reparto modal. . [4]

Figura: 6 Zona de influencia de rutas de viajes diarios más usadas por conductores en Qatar [4]



Fuente: The role of vehicules identification techniques in transportation planning-the Qatar case study [4]

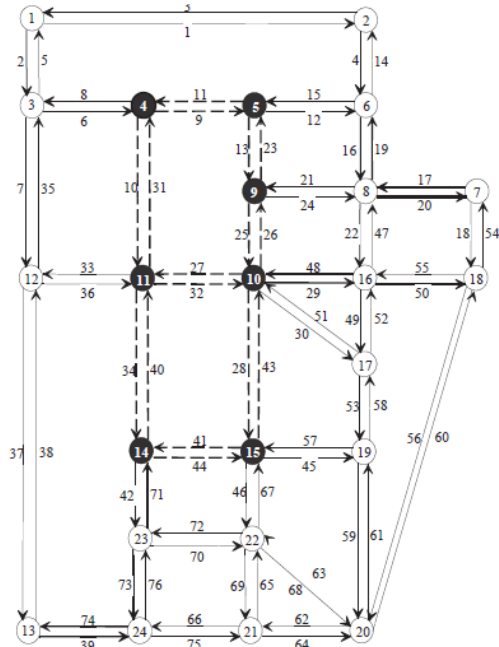
Incremento del tránsito vehicular

En las últimas décadas la congestión vehicular ha incrementado desproporcionadamente creando un ambiente de tráfico pesado disminuyendo, así los tiempos de recorrido en los viajeros. También se ve contaminado el aire por las emisiones de gran número de vehículos conglomerados en una red vial que no soporta ciertas capacidades de transporte. Uno de estos factores son los problemas en los dispositivos electrónicos que controlan el tráfico, debido a que estos medios de optimización en algunos estudios son tratados a parte y no conjuntamente con la interacción de la movilidad como es la capacidad óptima de expansión de la red vial.

En este estudio, el algoritmo de evolución diferencial, se combina con VISUM para resolver un problema

matemático por medio de modelación. Con el fin, de ilustrar la eficiencia del algoritmo propuesto, se aplica a los datos reales de la red de la ciudad de Sioux Falls- que cuenta con 76 enlaces, 24 nodos y 552 viajes. En esta red, los nodos son 7 considerados como cruce señalizado, y 16 enlaces que conectan estos nodos se eligen como candidato a la expansión de la capacidad. Los resultados indicaron que el algoritmo propuesto muestra un rendimiento significativo en la solución del problema combinado de carretera señalizada redes. [15]

Figura: 7 red vial donde se observan los 7 nudos considera dos como los cruces los cuales van hacer señalizados [15]



Fuente: Combined solution of capacity expansion and signal setting [15]

Se ejecuta el proceso de asignación de tráfico y VISUM. Después de entonces el valor de la aptitud del vector de ensayo se calcula. Los 7 nodos marcados en negrita en la red, que son considerados para los cruces señalizados. Se asume que los nodos numerados con 4, 5, 9 y 14 son tres cruces de la etapa y el resto son cuatro etapas. Finalmente, después de comparar los valores de la función objetivo de los vectores de prueba y de destino. La mutación, cruzamiento y selección pasos, se repiten hasta que un criterio de

parada predeterminada se alcanza o se alcanza el número máximo de generaciones.

Incremento de la demanda de viajes

Según Ozgur, Baskana; Cenk, Ozanb [15] en los últimos años la demanda de viajes y congestión del tráfico han aumentado en la mayoría de las ciudades del mundo, especialmente las sociedades orientadas transporte privado. Estudios de transporte que se han realizado hasta ahora tienen un margen considerable de aproximación como resultado de dos deficiencias principales que son evidentes para las personas involucradas en el campo de la modelación del tráfico y la planificación del transporte:

- (1) ¿Es que no hay común, completa, exacta y actualizada fuente de información que pueden ser invocadas por los estudios de transporte en curso.
- (2) La segunda deficiencia es que a pesar de la congestión agotadora, la gente sigue pegando a sus coches privados para participar en sus actividades diarias.

El propósito principal es dar a conocer y poner en práctica un conjunto de interfaces desarrollado el concepto de modelación de transporte en tiempo real; con esto poder justificar la necesidad y la importancia de la *identificación por radiofrecuencia* (RFID) Técnica en el logro de una amplia base de datos para la planificación estratégica parámetros que pueden afectar el comportamiento de viaje de los pasajeros y por lo tanto la distribución modal del transporte. datos de origen / destino, la composición del tráfico, las tasas de viaje, tarifas de estacionamiento, los datos de facturación de estacionamiento, las infracciones de tráfico, el crecimiento del tráfico factores, e infraestructura vial y puntos de congestión como son los nudos y las principales intersecciones vehiculares en una ciudad entera. El trabajo de la modelación se basa en el software PTV-Visión, VISUM y VISSIM. Las aplicaciones de investigación son la programación en Microsoft Excel y Visual Basic y por lo tanto son compatibles con cualquier software de modelado. [16]

SOLUCIÓN

Se introdujeron nuevas tecnologías en situ para la recolección de datos de una forma más efectiva en tiempo real, donde estos dispositivos emitían señales cuando un vehículo atravesaba por dicha vía esto para saber el volumen de tráfico en tiempo actual en instantes de segundos para realizar una buena modelación.

El analizador en tiempo real es el principal centro de recepción de lecturas aleatorias de los sensores de *identificación por radiofrecuencia* RFID las zonas, y la transformación de los lecturas en la forma general de las matrices de demanda. Este analizador fue desarrollado específicamente para el propósito de la investigación, y que está listo para ser personalizado y aplicado por cualquier autoridad con la intención de adoptar la técnica de identificación de vehículos como una herramienta de recopilación de datos de transporte.

El análisis de esta revisión tuvo el propósito de encontrar un resultado a problemas de congestión vehicular a causa del incremento en el transporte que se presentan a lo largo de los puntos del tramo de vía, encontrando soluciones por medio de sistemas adaptativos como semáforos, sistema de *identificación por radiofrecuencia* RFID y otros dispositivos que disminuyan el tránsito lento. También que sirvan de base y puedan ser implementados en futuras búsquedas donde se requiera, dependiendo de la problemática de estudio. Cada análisis presentado es adquirido de estas investigaciones realizadas por las diferentes universidades y empresas para diferentes fines como solución de problemas en el desarrollo de nuevos casos en general. Figura 7

Figura: 7 Sistemas de control de tráfico y señalización. Fotografía de la rotonda de la calle 100 con carrera 15



Fuente: blogs.elspectador.com

El análisis investigativo reforzara más las técnicas de búsqueda para crear futuros estudios de planeación de tráfico con el objetivo de conocer el procedimiento que

Orienten más en temas con respecto a la modelación y manejo de las principales herramientas de los programas VISSIM/VISUM.

II. METODOLOGÍA

El proceso de esta consulta tuvo como propósito revisar 20 artículos en revistas indexadas, que tratan de modelaciones en programas de planeación de transporte utilizados a nivel mundial.

En este análisis se identificaron temas en común de las publicaciones consultadas, que permitieron encontrar un escenario de estudio en este caso las palabras claves de búsqueda fueron: *Intersecciones vehiculares, rotondas, sistemas adaptativos, semáforos, proyección poblacional*.

Se observó la importancia de los programas PTV VISSIM/VISSUM identificando sus características, para entender los conceptos de modelación a lo largo del desarrollo de esta revisión.

Entre los que se destacan los problemas en la congestión vehicular en puntos de vía como intersección, giros y rotondas. Posteriormente también se hizo énfasis en el incremento exponencial de la población a nivel mundial, sirviendo de referencia para la gran mayoría de investigaciones en donde se realicen proyecciones de tráfico a futuro.

IV. CONCLUSIONES

- Para solución de problemas de congestión vehicular en intersecciones, se implementan sistemas adaptativos de control de tráfico inteligente, permitiendo modelarlos al medio real de tráfico de la zona de estudio.
- Es importante realizar nuevos estudios e investigaciones donde estos programas de simulación de tráfico VISSIM/VISUM, permitan reforzar la planeación del tráfico vehicular existente, adaptando nuevas herramientas como

solución a problemas del tránsito vehicular y altos volúmenes existentes en los puntos principales de la red vial en las principales ciudades del mundo.

- Se observan plataformas donde se estudian aspectos importantes que debe tener una modelación de tránsito, tales como infraestructura vial, vehículos de transporte público, transporte particular, velocidades, peatones, incluso tener en cuenta el área social en la zona, y así generar el crecimiento en mejora de la movilidad en puntos críticos de la ciudad.
- Se Identifican los principales factores que hace que el tránsito sea cada vez más densificado a causa del crecimiento poblacional, generando altos volúmenes de tránsito en toda la red vial de la problemática actual.
- La localización de vehículos en la zona el concepto introducido a tratar con los estudios de tráfico en un entorno de tiempo real y las diferentes herramientas, justifican la necesidad de implementar un sistema de *identificación por radiofrecuencia* RFID, en los países que tienen requerimientos de infraestructura adecuados o potencial.

IV .AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a quienes sirvieron de gran apoyo para el desarrollo de esta revisión, especialmente a los tutores, la profesora Mary Luz Parra Gómez y al ingeniero William German Mellado Aranzales, los cuales dedicaron horas en la inducción y tutorías para encaminar a la metodología del proceso del artículo. También agradecer a los profesores en México quienes con todo el esfuerzo tuvieron la disponibilidad de tiempo para dictar el seminario internacional de planeación de modelos de transporte. Gracias a estas personas no se hubiera cumplido el objetivo logrado para la culminación de este artículo.

V. REFERENCIAS

- [1] G. Gorkem, C. Halim y H. Soner, «Evaluation of Residential Area Proposals Using Spatial Interaction Measure: Case Study of Denizli, Turkey,» *ELSEVIER*, pp. 1-2, 2014.
- [2] M. Jimenéz y I. Sarmiento, «Sistema adaptativo de control y optimización de tráfico de un corredor vial semaforizado . Aplicación a la ciudad de Medellín,» *REDALYC*, pp. 2-8, 2011.
- [3] G. Szücs, «Decision Support for Route Search and Optimum Finding in Transport Networks under Uncertainty,» *ELSEVIER*, pp. 1-2, 2015.
- [4] E. H. Wissam y A. Youssef, «The role of vehicles' identification techniques in transportation planning – caso de estudio qatar,» *ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL*, p. 2, 2012.
- [5] S. Aquino, L. Rangel y E. Alvaro, «Inter-Vehicular Communications Using Wireless Ad-Hoc Networks,» *ESTUDIOS E INVESTIGACIONES RECIENTES*, pp. 1-3, 2008.
- [6] A. García, A. J. Torres, M. Romero y A. T. Moreno, «Traffic Microsimulation Study to Evaluate the Effect of Type and,» *ELSEVIER*, p. 1, 2011.
- [7] F. Szymon y Z. Jacek, «Planning of an integrated urban transportation system based on macro – simulation and MCDM/A methods,» *ELSEVIER*, pp. 569-577, 2012.
- [8] G. Ali y T. Zong, «Designing the required changes in the bus network after performing limited traffic zone in Mashhad, Iran,» *ELSEVIER*, pp. 1-7, 2016.
- [9] J. ĹAK, S. FIEREK y M. KRUSZYĚSKI, «Evaluation of different transportation solutions with the application of Macro Simulation tools and Multiple Criteria Group Decision Making/Aiding methodology,» *ELSEVIER*, pp. 343-349, 2013.
- [10] J. Maragarita y S. Iván, «Sistema Adaptativo de Control y Optimización del Tráfico de un Corredor Vial Semaforizado,» *DYNA*, nº 169, pp. 72-73, 2011.
- [11] S. Katarzyna y Ź. Jacek, «Integration of the urban public transportation system with the application of traffic simulation,» *ELSEVIER*, pp. 259-260, 2014.
- [12] S. Khaled y K. Inhi, «Comparison of SimTraffic and VISSIM Microscopic Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts,» *ELSEVIER*, pp. 44-46, 2015.
- [13] R. William, H. José, I. Juan y O. Sergio, «Plataforma de simulación y visualización para el apoyo al análisis y toma de decisiones en proyectos de movilidad urbana,» *REVISTA DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES*, pp. 52-53, 2009.
- [14] E. Wissam y Y. Attallah, «The role of vehicules identification techniques in transportation planning-the qatari case study,» *ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL*, pp. 393-395, 2012.
- [15] B. Ozgur y O. Cenk, «Combined solution of capacity expansion and signal setting problems for signalized road networks,» *ELSEVIER*, pp. 63-69, 2015.
- [16] Y. A. Wissam El Hamra, «The role of vehicles' identification techniques in transportation planning – Modeling concept,» *ALEXANDRIA ENGINEERING JOURNAL*, pp. 393-395, 2012.

