

Identificación de Modelos de Simulación de Tráfico Vehicular para Solución de Conflictos por Demoras en Intersecciones – Revisión Temática

Tovar Perdomo Miguel Angel¹, Ramírez Caicedo Jonathan Mauricio², Del Castillo Romo Mario Cesar³, Naranjo Torres Darío⁴, Mary Luz Parra Gómez⁵

¹ Estudiante Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia, Colombia,

miquelangel.tovar@ulagrancolombia.edu.co

² Estudiante Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia, Colombia,

jonathanmauricio.ramirez@ulagrancolombia.edu.co

³ Estudiante Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia,

mariocesar.delcastillo@ulagrancolombia.edu.co

⁴ Ingeniero Civil Docente, Universidad La Gran Colombia, darío.naranjo@ugc.edu.co

⁵ Docente Investigación, Universidad La Gran Colombia, parra.mary@ugc.edu.co

Resumen– La congestión vehicular es el mayor factor de la generación de demoras en una intersección vehicular, como consecuencia a este problema se presentan conflictos en toda la malla vial de un sistema de transporte. Se pretende abarcar un análisis de los diversos factores que ocasionan la aparición de los retardos como son la señalización, los diseños geométricos de un corredor, los conflictos en los puntos críticos de la vía y el manejo de la demanda de vehículos que cada vez reducen las capacidades de la red a causa del crecimiento poblacional. Estas situaciones hacen que se reduzca el tráfico y flujo vehicular ocasionando las largas colas de vehículos disminuyendo los niveles de servicio de un corredor vial. Por medio de este análisis se logra detectar y resolver las posibles causas en las modelaciones estudiadas en el software VISSIM, con el propósito de resaltar aspectos importantes que lleven a la creación de nuevas investigaciones para solución de problemas de retardos en cualquier tipo de intersección a intervenir.

Palabras clave– Intersecciones vehiculares, demoras, señalización, semáforos, proyección poblacional.

Abstract– Traffic jams are the main generator of delays in intersections, therefore problems arise across the whole road network of the transport system. An analysis of various factors causing delays will be done such as signage, geometrical designs of a road, problems at important places on a way and management of vehicles demand reducing the capacity of a network due to population growth. This situation impacts on the traffic flow causing long vehicles queues, consequently reducing the level of a road service. This analysis will enable us to detect and solve this possible cause on models studied by the software VISSIM, in order to highlight main factors leading to more researches for proposing new solutions in delays at any type of a specific intersection.

Keywords-- vehicular intersections, delays, signage, traffic lights, population projection

I. INTRODUCCIÓN

En diferentes partes del mundo, los principales corredores de tránsito se están viendo afectados a causa del aumento desproporcionado de vehículos que circulan por las vías de esta infraestructura vial. Por ello, se han realizado diferentes investigaciones en las últimas décadas, donde se busca encontrar solución a este problema; por medio de simulaciones por diferentes software en

modelación de tránsito como es el VISSIM para micro simulación. [1]

Para enlazar las diferentes problemáticas del flujo vehicular, se aconseja analizar un punto crítico de la red vial, en este caso las intersecciones vehiculares en su estado actual. Para este estudio se necesita recolectar información de los ejercicios de campo de algunos estudios que fue procesada en los diferentes programas de manejo de tránsito. [2] [3]

Al analizar una zona de conflicto en la intersección, se debe detectar un radio de afluencia del tráfico para detectar el rango de congestión vehicular, con el fin de encontrar una limitación del sitio de estudio. Existen varios factores que afectan las demoras de vehículos, entre los que se encuentran las largas colas por las fases semafóricas o cambio de las luces del sistema de semáforos aplicado en una intersección vehicular; como consecuencia a esto se generan largos retardos en los corredores de la red haciendo el tráfico más denso y a su vez disminuyendo los niveles de servicio de una vía principal. [2]

II. METODOLOGÍA

El presente artículo busca analizar diversas investigaciones publicadas en revistas indexadas, donde se abordó temas de modelación con respecto a los problemas de congestión en intersecciones; se revisaron 28 artículos de las diferentes bases de datos disponibles en la universidad La Gran Colombia de los que se seleccionaron 15 con el objeto de analizar e identificar una temática común como son las demoras, permitiendo encontrar un escenario de estudio de la red, como son los puntos de conflicto en la red vehicular; allí se ven inmersas las palabras claves para que el lector identifique mejor la temática del artículo, en este caso las palabras claves de búsqueda fueron: *vehicular intersections, delays, signs, traffic lights, population projection*.

Se trató de organizar el tema por medio de una categorización o subdivisión del tema a tratar, resaltando los aspectos más relevantes de las consultas de referencia. Esto mediante la importancia del programa VISSIM identificando sus características, para entender los conceptos de modelación a lo largo del desarrollo de esta revisión.

III. DESARROLLO

El análisis de las demoras tiene como propósito encontrar soluciones a los problemas de las intersecciones intervenidas, haciendo énfasis en los métodos de planeación del tránsito implementados

mediante el análisis científico, en las investigaciones que se revisaron para este artículo.

Fotografía 1: Congestión común de un corredor vial presentado por algún evento en la vía como consecuencia generación de las demoras



Fuente 1: www.lavoz.com.ar980 × Factores que afectan el comportamiento de las demoras

Las demoras podrían ser clasificadas por categorías donde se puede identificar con más claridad el tipo de demora y a su vez poder encontrar cual puede ser su posible causa y solución a su problema. Entre estas categorías se encuentran: La Señalización, los conflictos en las intersecciones, las características geométricas de la vía, y la demanda vehicular. [2] Ver ejemplo de demoras en fotografía 1.

A. Señalización

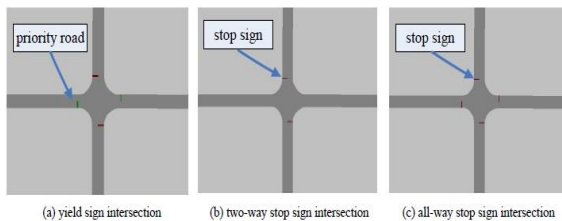
Esta categoría tiene el propósito de informar a los usuarios el estado actual de una vía, garantizando la seguridad del tráfico y la eficiencia de los viajes; en intersecciones semaforizadas ayuda a la prevención de accidentes en la gestión del tráfico y control, junto a la implementación de las señales de tráfico más comunes como son los semáforos. El control señalizado siempre se adoptó para todas las intersecciones sin tener en cuenta el nivel de volumen de flujo de tráfico. Las demoras por fases es una parte de la demora total debido a sistemas de control de tráfico y esta se calcula para determinar los niveles de servicio de una intersección. [2]

Se pueden analizar diferentes situaciones como son la señalización convirtiéndose en una categoría del estudio de las demoras; un ejemplo de lo anterior se observa en la diferencia entre la intersección y la señal de ceder el paso a peatones como un

aspecto del análisis de demora. En diferentes estudios las intersecciones están diseñadas por software VISSIM y el rendimiento del flujo se valida a través del software, donde se propone el volumen de tráfico crítico para ajustar la señal de pare o ceda el paso, y así obtener resultados que pueden ser utilizados en la práctica para guiar la instalación de señales de tráfico. [4]

Cuando se habla de señalización no solo hace referencia al sistema de control de tráfico, sino todo aquello relacionado con la seguridad vial en una intersección. Algunos artículos enfatizan en las señales fijas, señales de pare y ceda el paso para las intersecciones semaforizadas; esto para mejorar la eficiencia de los viajes por medio de sistemas de seguridad vial y así reducir los índices de accidentalidad y evitar que los conductores tengan conductas no aptas en las vías principales. En la siguiente imagen se simularon diferentes escenarios con posiciones diferentes de las señales de pare y ceda el paso de una intersección semaforizada en una intersección de China. [4] Ver fotografía 2.

Fotografía 2: escenario de intersección con señalización variable en China



Fuente 2: Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on VISSIM [4]

Para determinar la capacidad de un corredor por medio de la seguridad vial, se manejan capacidades de tráfico donde el volumen es el insumo principal por naturaleza el cual se introduce en el VISSIM. Un análisis de este estudio llegó al siguiente resultado, en donde el volumen total de vehículos en un corredor vial es inferior a 1500 veh/h, donde se puede considerar la adaptación de una intersección señalizada. Cuando el volumen total esta entre 1500 veh/h y 1800 veh/h, se considera

dejar el camino de intersección libre. Cuando el volumen total es de más de 2100 veh/h, la eficiencia de la operación de las tres intersecciones disminuye. La intersección semaforizada puede satisfacer la demanda de tráfico. Podemos considerar la intersección señalizada [4] ver fotografía 3.

Fotografía 3: volúmenes vehiculares por giro/sentido en la intersección con señales implementadas

Direction	Volume(veh/h)				
East	300	400	500	600	700
West	300	400	500	600	700
South	75	100	125	150	175
North	75	100	125	150	175
Total	750	1000	1250	1500	1750

Table 4. Volume of the intersection

Direction	Volume(veh/h)				
East	300	400	500	600	700
West	300	400	500	600	700
South	150	200	250	300	350
North	150	200	250	300	350
Total	900	1200	1500	1800	2100

Fuente 3: Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on VISSIM [4]

Como se mencionaba anteriormente, el manejo del flujo vehicular lo determina el volumen de vehículos en la red, siendo este un parámetro de inicio en el estudio de una intersección señalizada. Diferentes trabajos proporcionan una relación estadística al control semafórico de tráfico estimado a partir de micro simulación de accidentes observados con el fin de evaluar el desempeño de seguridad, en particular el efecto de las contramedidas. La base de datos que se recolecta en un estudio de intersección identifica los mayores y menores volúmenes de aproximación de vehículos en determinados movimientos de giro a la izquierda y la derecha en las horas pico de la mañana; generando demoras en los demás trayectos rectos del corredor. [5]

En comparación de los volúmenes presentados se tienen en cuenta los cambios de semáforos, y el tiempo de este en cambiar de luz, generando unas demoras y un represamiento de vehículos; de igual forma la seguridad vial ayuda en gran porcentaje a la efectividad de la red vial. [1] Ver fotografía 4.

Fotografía 4: Intersección señalizada con franjas en las esquinas para dar prioridad al peatón

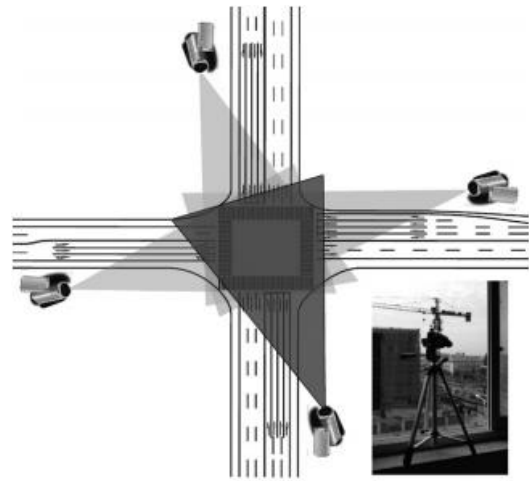


Fuente 4: <http://www.autoplaza.com.mx/2011/06/seguridad-vial>

Con base en diferentes estudios de campo se busca hallar soluciones al problema de la congestión, las distancias de la cola, y otros factores a estos problemas comunes especialmente en estas intersecciones, que demandan un número considerable de vehículos por hora. En un estudio realizado en China se realiza un análisis de una intersección no señalizada en donde se refleja las condiciones de conflicto a partir del concepto de la amplitud espacial que puede reflejar el nivel de seguridad actual de una intersección. Sin embargo, el conflicto grado de riesgo puede revelar más plenamente el nivel de seguridad real de los diferentes tipos de conflictos en cierta medida. Este estudio sienta un fundamento teórico para el diseño de la seguridad y la evaluación de la seguridad de las intersecciones no señalizadas. Por otra parte, los resultados muestran que el rendimiento de los modelos propuestos es eficaz y razonable. [2]

La gran mayoría de análisis buscan la solución a la demora intentando resolver un conflicto de las intersecciones vehiculares no señalizadas. Un estudio se enfatiza en el comportamiento de 10 intersecciones para determinar el sistema de seguridad semafórica SSAM, buscándole un reemplazo a las variables que este sistema maneja, las cuales se puedan analizar en VISSIM. En este estudio, se propuso un procedimiento de calibración de dos etapas para calibrar y validar los modelos de simulación VISSIM y ajustar Los valores de umbral en SSAM. Los datos recogidos de un sitio y otro fueron utilizados para calibrar y validar los modelos de simulación. Los datos se separaron en dos grupos, incluyendo un conjunto de datos de calibración con 32 h de datos de tráfico y de un conjunto de datos de validación con el otro de 32 h de datos de tráfico. [3] Ver fotografía 5.

Fotografía 5: gráfico de distribución de cámaras para determinar las deficiencias en el control semafórico de la zona



Fuente 5: Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. [3]

B. Características geométricas de la vía

La implementación de nuevos carriles en intersecciones afecta el retraso de los vehículos debido a la configuración geométrica de un corredor a estudiar. Esta estructuración y diseño de la vía permitió recibir una capacidad de vehículos mediante análisis de escenarios simulados para intersecciones, con el fin de reducir la congestión y hacer el tráfico más fluido. [6]

Existen algunas clases de intersecciones que permitieron mantener las velocidades constantes en este caso se habló de diferentes geometrías en el diseño de intersecciones, unos de los casos son las tipo diamante divergente, que son un estilo especial de alternativa de diseño muy reciente en el mundo para la solución de conflictos viales; su funcionamiento básicamente consiste en un cambio regulado semafóricamente de los sentidos de flujo.

Para esta investigación, se realizó un proceso de recopilación de la información acerca del diseño, uso y operación de este tipo de intersecciones en el mundo, de igual forma se analizaron los modelos existentes relacionados con la operación vehicular y semafórica para su control. Todo este proceso se ha aplicado al análisis de un caso específico en la ciudad de Bucaramanga, donde la demanda vehicular como en otras ciudades colombianas está superando la oferta ofrecida por la infraestructura

vial existente, mediante el uso de diferentes escenarios de simulación que permiten comparar y medir el grado de impacto de cada uno de los parámetros escogidos. Uno de los objetivos en este tipo de análisis consistió en medir el impacto de los niveles de servicio y las velocidades de operación de los diferentes corredores donde se presenta esta geometría de las intersecciones; que a su vez presentarían al experimentar con esta modelación en el software. [6]

Se hizo un estudio que consistía en la recolección de datos en campo, como son aforos tanto de peatones como vehículos en interacción con la intersección de la ciudad de Bucaramanga exactamente en la carrera 27b con Calle 56, posteriormente se obtuvieron estos insumos y se calibraron al software, donde se evaluaron los factores en 4 escenarios. Se analizaron diferentes parámetros como volúmenes de tráfico, demoras por vehículos, demoras en paradas y total de paradas por vehículo, se tomó el incremento de la población por año del 3,8% que se hará en el modelo más o menos en periodos de 5 años. [6]

El análisis se basó en el número de volúmenes vehiculares, niveles de servicio y tiempos de demora. Como conclusión a este manejo de escenarios según el resultado encontrado, el mejor escenario para la implementación de la glorieta con desnivel que eliminaría la intersección semafórica; este estudio lo realizó una empresa consultora llamada ETA SA. donde encontraron los siguientes resultados en su estudio: Total demoras (hr) 30.25, Demoras/vehículo (seg) 12,45, Demoras por parada/vehículo (seg) 11,15, Total paradas 2045. [6] Ver fotografía 6.

Fotografía 6: intersección diamante donde se construyen glorietas para aumentar la seguridad



Fuente 6: www.wikivia.org 300 × 234

Se comparó el desempeño de las dos herramientas de simulación en el modelado de doble carril y rotondas de carril triples en diferentes escenarios tales como el volumen de tráfico, la proporción de movimiento de giro a la izquierda, y la proporción de camiones en el flujo de tráfico. Como se mencionaba anteriormente uno de los estudios consultados buscó comparar simulaciones en software diferentes para encontrar el mejor resultado que se acerca una situación real en una intersección tipo rotonda; mediante estas dos herramientas de simulación se mostraron diferencias estadísticamente significativas en general.

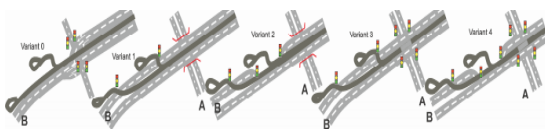
Sin embargo, en el caso de altos volúmenes de tráfico, VISSIM mostró retrasos medios más altos que los de SimTraffic en comparación con resultados casi idénticos en el caso de los bajos volúmenes de tráfico. Utilizando la relación del tráfico lento vs la gran congestión en la sobrecapacidad como son los retrasos y las largas colas de vehículos pesados, esto ayudo a probar más alternativas de sistemas operativos de tráfico para poder dar una solución efectiva en los menores tiempos posibles. Al realizar la simulación se realizó una combinación de 240 escenarios donde se prueba para análisis de datos después de haber sido calibrado, y los resultados de los dos paquetes se compararon para determinar el mejor resultado, y lo que se encuentra es que la última sección ofrece un resumen y una cierta limitación de este estudio. Los resultados de ambos paquetes mostraron que el máximo promedio de demoras estaba por encima de 150 segundos con un intervalo entre 20 segundos y 210 segundos. También las demoras promedio mostraron una diferencia relativamente grande entre un volumen bajo de tráfico (1.000, 2.000 y 3.000 veh/h) y de alto tráfico volúmenes (4.000 y 5.000 veh/h), las comparaciones se dividieron en dos grupos para encontrar el tráfico bajo y tráfico alto. La relación con las demoras y volúmenes vehiculares que se presentaron en este tipo de intersecciones permitió comparar otros programas de modelación para hacer un análisis y los resultados sean más confiables. [7]

Los principales análisis pretenden mostrar modelos de diseños geométricos en la intersección para ganar fluidez del tráfico. Un estudio realizó un rediseño de variantes para reconstrucción de una determinada sección de una calle principal del área

metropolitana; allí se analiza la simulación de tráfico para unas de las variantes generando diferentes parámetros. Este artículo presentó una metodología original del diseño y evaluación de soluciones de proyectos de transporte que se ejecutan en un sistema integrado transporte urbano.

El problema se considera en el resultado de la remodelación de una parte importante de una de las principales calles, llamada Grunwaldzka en la ciudad de Poznan, en Polonia. Los cambios de rediseño involucrado y ajustes, tanto en carretera como ferrocarril de tranvía, como se plantearon dos posibles soluciones y conceptos de transporte, así como se consideraron las inversiones en infraestructuras de transporte. [8] Ver fotografía 7

Fotografía 7: escenarios de variantes con rediseño en la geometría para solución en las demoras en Grunwaldzka ciudad de Polonia



Fuente 7: Evaluation of different transportation solutions with the application of Macro Simulation tools and Multiple Criteria Group Decision Making Aiding methodology. [8]

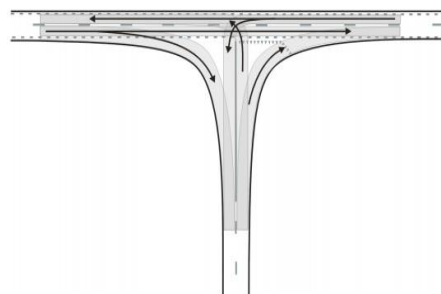
Como resultado, las diferentes variantes de la calle en reconstrucción, se ejecutaron los cambios propuestos, los cuales se trataron exclusivamente para la preparación del campeonato de la Eurocopa de 2012 que se jugaría en Polonia; también se llevó a cabo la asignación de tráfico, lo que resultó en la generación del volumen de pasajeros y los flujos de vehículos en los enlaces particulares de la red. La planeación del transporte en general y cómo se organiza las partes preliminares de un sistema integrado de transporte público en la malla vial, teniendo en cuenta las posibles modificaciones de la intersección vehicular y los nuevos estudios donde puedan dar más fluidez al tráfico, mejoras en las demoras, y la disminución de los volúmenes vehiculares en la variante V0. [8]

Otro tipo de geometría se presenta en La intersección modelo tipo T, la cual está diseñada con parámetros de entrada que describen sus

condiciones geométricas. El análisis de comportamiento incluye un modelo de paso para simular la posibilidad para que vehículos puedan pasar en los giros. Se realizó la validación mediante el uso de grabaciones de vídeo para el cálculo de las demoras para la intersección regulando rendimiento, la hora en la cola y el tiempo de servicio de la parada de la intersección.

Este tipo de carretera tiene propiedades específicas que limitan la capacidad de la instalación de la vía. Ejemplos de límites, posibilidades de adelantamiento limitadas, visión limitada de distancias, diferentes tipos de conexión de las intersecciones. En cuanto a las intersecciones urbanas también hay diseño en intersección rural; la cual afecta a la capacidad y la accesibilidad. [9] Ver fotografía 8.

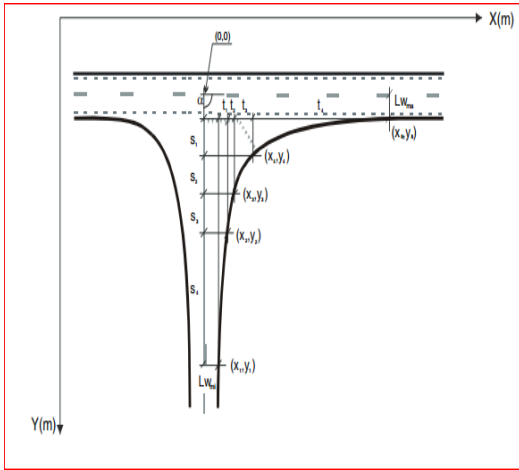
Fotografía 8: estos son 6 movimientos que se pretenden controlar por medio del rediseño de la intersección



Fuente 8: A model for traffic simulation of flared rural road intersections [9]

El análisis de cada intersección en los flujos más bajos se presentó entre los aforos de 6:00 a 6:15 AM con velocidades límites de 70 km/hora con un flujo mayor de 248 veh/hora para Sjuntorp; y para Grästorpe entre 6:45 y 7:00 PM con una velocidad promedio de 80 km/hora y con un flujo mayor de 212 veh/hora. Se describe un modelo de simulación de tráfico para intersecciones tipo T en carreteras de dos carriles rurales, dando la posibilidad de la descarga simultánea de los vehículos que giran a la izquierda y a la derecha si el borde de la vía es ampliamente suficiente. El modelo también incluye un sub- modelo de adaptación de la velocidad de los conductores con respecto al radio de curva de la intersección. [9] Ver fotografía 9.

Fotografía 9: Diseño geométrico donde se muestra la ampliación del radio del giro a la derecha debido al mayor flujo vehicular en este movimiento



Fuente 9: A model for traffic simulation of flared rural road intersections [9]

El resultado de la validación muestra que el modelo de intersección geométrica con la ampliación en el radio de giro del movimiento derecho se correlacione bien con las demoras, el tiempo empírico en la cola y tiempo de servicio. Los datos simulados se corresponden con lo empírico cuando se compara en un análisis de intervalo de predicción. A continuación, se ven reflejadas las demoras. [9] Ver fotografía 10.

Fotografía 10: tabla de promedio de demoras en la intersección tipo T

Time sequence	Delay Empiric data	Avg. Delay simulation	Std. avg Delay	Pi(-)	Pi(+)	Empirical data within interval
06:00-06:15	6.2	4.5	0.9	2.5	6.5	Y
06:15-06:30	12.4	9.6	2.0	4.9	14.3	Y
06:30-06:45	10.5	12.4	2.5	6.5	18.3	Y
06:45-07:00	10.5	14.9	1.9	10.3	19.5	Y
07:00-07:15	8.9	7.5	1.0	5.2	9.7	Y
07:15-07:30	11.8	11.1	1.8	6.9	15.4	Y
07:30-07:45	13.0	10.5	1.7	6.5	14.4	Y
07:45-08:00	12.4	14.5	3.1	7.2	21.9	Y
08:00-08:15	12.3	6.7	1.2	3.9	9.5	N
08:15-08:30	7.5	7.5	1.2	4.7	10.2	Y
08:30-08:45	8.4	6.8	1.8	2.6	11.1	Y
08:45-09:00	6.7	8.5	1.5	4.9	12.0	Y
09:00-09:15	7.3	5.8	0.9	3.6	7.9	Y

Fuente 10: A model for traffic simulation of flared rural road intersections. [9]

C. Conflictos en la intersección

Se analiza la conducta de los conductores, la cual se considera como un evento inesperado que afecta directamente a la continuidad del flujo de una red

vial. Comportamientos que generan el bloqueo de las intersecciones por parte de los conductores o cuando los vehículos particulares y taxis se estacionan a recoger y dejar pasajeros, son una de las principales causas de las demoras. [10]

Se ha presentado un enfoque estadístico para vincular los conflictos simulados con los accidentes observados. Un análisis obtiene un modelo de conflicto llamado *choque integrado*, que utiliza 53 lugares con el propósito de observar los conflictos que se presentan en una red vial en Toronto Canadá. Con estas acciones inesperadas en el corredor de una intersección vehicular se pueden generar problemas en la movilidad por causa de bloqueos por obstrucción de vehículos en los giros, choques o colisiones leves en donde se genera una demora en los vehículos, ocasionando el crecimiento de las colas. En el análisis de estas intersecciones no señalizadas desde la base de datos se utilizó para investigar la estadística relación entre los accidentes y los conflictos de tráfico simulados, y entre los accidentes y los volúmenes de aproximación en la intersección. [11] Ver fotografía 11.

Fotografía 11: Conflicto de tráfico en una zona del centro de Guayaquil Ecuador por fallas en el sistema semafórico



Fuente 11. <http://www.radiohuancavilca.com>

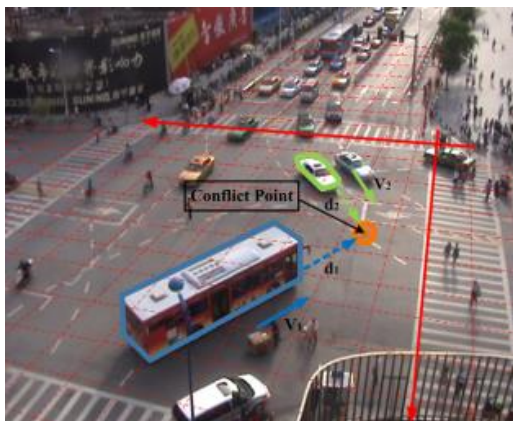
En diferentes partes del mundo se generan conflictos a causa de eventos imprudentes de los conductores, produciendo embotellamientos en el área de entrada y salida de una intersección. Cuando los volúmenes de tráfico son mayores, el área de salida tráfico se ve afectada por la capacidad mínima de la vía, reduciendo los espacios del tránsito de vehículos. En muchas ciudades de Latinoamérica las capacidades

mínimas en las vías son una de las principales causas para que se produzcan conflictos en la intersección. [10]

Junto al VISSIM hay diferentes programas que se combinan para obtener resultados más reales en la simulación. En un caso particular existe un método de análisis en donde se maneja el modelo Capacidad por vehículo y el modelo de capacidad por persona PC. En este estudio de intersección por configuración de carril, por sistema de transporte y por personas; se tiene en cuenta las demoras de los vehículos haciendo evaluación a varios escenarios donde se presenta diferentes conflictos; estos dos modelos PC y VC, mejoran la capacidad por persona y por vehículo en la intersección en un 22% y 44%. [10]

Cuando se habla de conflicto se entiende por una intersección no señalizada, sin embargo, hay que aclarar que esta categoría de demoras va más arraigada a los eventos inesperados en los conductores. Con el fin de investigar la relación de los conflictos de tráfico y accidentes, el grado de riesgo de conflicto se define como el índice de evaluación de los impactos de los accidentes de tráfico en materia de seguridad de una intersección. Existe una probabilidad de conflicto que involucra un modelo de cálculo, que influye en el tiempo de demora y la gravedad del evento. Con datos de la encuesta, la eficacia y la racionalidad del modelo de grado de riesgo de conflicto serán validadas utilizando VISSIM y SSAM. [3] Ver fotografía 12.

Fotografía 12: Punto de conflicto en un giro en una intersección señalizada por semáforos debido a una inadecuada planeación en el control de los movimientos

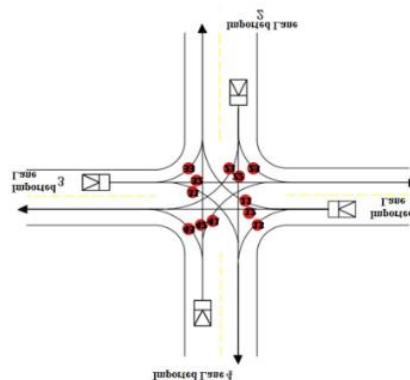


Fuente 12: Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. [3]

Los resultados muestran que el grado de riesgo máximo de conflicto, y el número de conflictos es más grande. Además, los grados de riesgo diferentes según el tipo del incidente, a pesar del mismo número de conflictos. También estos eventos son diferentes con los mismos grados de riesgo; después de la calibración del modelo, el valor de conflictos en total se redujo del 43% al 24%. Más específicamente, el valor MAPE se redujo de 24% a 16% para el conflicto por la parte trasera, desde el 70% al 23% para los conflictos de cruce, y de 85% a 79% para los conflictos de cambio de carril. Se muestra en esta investigación los resultados de los conflictos en las intersecciones que se presentan por los sistemas de semáforos para dar soluciones prontas. [3]

La planificación de un estudio, estableció el grado de riesgo de conflicto, cuantificado por el número de conflictos. Allí se encontró que los diferentes tipos de conflicto, y el grado de riesgo no es el mismo cuando el número de conflictos son los mismos; cuando los grados de riesgo son similares, los números conflictos son también diferentes. Si este número de conflictos es grande, el grado de riesgo puede ser pequeño y viceversa. Por lo tanto, el número de eventos sólo refleja las condiciones de conflicto de la intersección a partir del concepto de la amplitud espacial, y no puede reflejar el nivel de seguridad actual de una intersección. [2] Ver fotografía 13.

Fotografía 13: Diagrama de puntos de conflicto en una intersección convencional en China. Allí se muestran todos los movimientos que deben ser controlados.



Fuente 13: A Quantitative Model of Conflict Risk Degree at Non-Signalized. [2]

Los datos obtenidos y observados en la intersección son utilizados para validar el modelo. Esta intersección no está señalizada, por tanto, se crean bastantes conflictos. Con base en el estudio de campo realizado a las distancias de la cola, por medio de la modelación en VISSIM y haciendo una breve comparación se busca encontrar una solución para estos problemas comunes en las intersecciones, especialmente en esta intersección ubicada en China. [2]

D. Demanda vehicular

La congestión del tráfico ha aumentado en todo el mundo como consecuencia aparece la motorización, la urbanización, el crecimiento demográfico y los cambios en la densidad de población. La congestión reduce la utilización de la infraestructura de transporte y aumenta del tiempo de viaje, la contaminación del aire y el consumo de combustible. [7]

El desarrollo del modelo de simulación microscópica de una importante red de tráfico altamente congestionado de Nicosia, Chipre. Abarca diversas estrategias de control de tráfico en un modelo de simulación validado que implica el uso de sistemas inteligentes de transporte que se pondrá a prueba antes de su aplicación. Se demuestra un espectro más amplio de entendimiento sobre los principios de la teoría del flujo de tráfico y cómo un modelo de simulación se desarrolla y se utiliza para la planificación de un transporte eficaz. [12] Ver fotografía 14.

Fotografía 14: Congestión vehicular a causa de la demanda y crecimiento de la población, factor principal de las demoras en México.



Fuente 14: <http://www.humbertoobedmontielherrera.com>

La demanda vehicular respecto al flujo, se convierte en la principal medida de la planeación del tráfico para las grandes ciudades, causando un incremento en el ámbito económico, social y ambiental en donde las demoras son una la realidad cotidiana. Sobre una base diaria se enfrenta con las horas pico, los accidentes de tráfico, la contaminación del aire y controlador de estrés. La congestión del tráfico constituye una dinámica compleja del problema y esta se compone de muchos procesos complejos, e incorpora muchos elementos que interactúan entre sí. El proyecto de investigación tiene que ver con la simulación y análisis de flujo de tráfico para una importante red de comunicaciones en Nicosia, Chipre. [12] Ver fotografía 15.

Fotografía 15: Simulación en Vissim en donde se observa el represamiento de vehículos generadores de vehículos en Chipre



Fuente 15: Towards a microscopic simulation model for Traffic management a computer based approach. [12]

En el ámbito del transporte urbano y el diseño de soluciones avanzadas, se enfoca en la integración de ambos medios de transporte públicos y privados dentro del área metropolitana. El objetivo general de la integración es para mejorar los patrones de los viajeros dentro del área metropolitana que resulta en el cambio de hábitos de viaje de los residentes y el comportamiento en la modificación de la distribución modal. La realización de modelos de tránsito en la investigación fue esencial y da un gran aporte a este artículo; por medio de software se puede llegar a la mejora e implementación de nuevas intersecciones vehiculares, y gracias a ellos el flujo en los diferentes sentidos de los viajes, los tiempos de demora de vehículos. [13]

La demanda y el aumento de la población obligan a realizar muchas investigaciones para descongestionar los puntos críticos de la red como

El desarrollo de un sistema integrado de transporte público como solución, se centró en las siguientes dimensiones: espacial, de infraestructura, organización, económicos e informativos. En este análisis se implementaron distintas metodologías de modelación, ya que dependen del elemento o sistema multimodal implementado en una ciudad. El objetivo de estudio se presentó en Cracow Polonia en donde se pretendió estudiar el comportamiento del sistema de transporte público y su medición promedio en cuestión de tráfico vehicular por diferentes variables. Esta aplicación es basada en las condiciones de tráfico en los años 2003, 2007 y 2010. [15] Ver fotografía 16.

The map shows the Tidel Park area in Chennai, India. The Tidel Park Limited building is located at the intersection of Tidel Park Road and Tidel Park Road. The Tidel Intersection is marked with a red dot. The Tidel Park Metro Station is located at the intersection of Tidel Park Road and Tidel Park Road. The map also shows the surrounding areas, including Kalikunram, Kanagam, Tharamani, and Tharamani. The map includes street names, landmarks, and a scale bar.

Los autores presentan un rediseño del sistema transporte público y su integración; en donde el modelo de tráfico tiene en cuenta el tráfico en condiciones de la hora pico de la tarde en un día normal de semana. Cubre 321 zonas de tráfico (regiones) en el área metropolitana de la ciudad de Cracovia que incluye 265 zonas y 56 zonas en las afueras. 18 tipos diferentes segmentos de calles las cuales se han utilizado en el modelo, incluyendo 12 y 6 clases de valoración para las zonas urbanas y suburbanas, respectivamente. También se regulan las rutas de transporte público del centro urbano, rutas suburbanas y rutas de autobús, llevan a cabo un estudio de casos de la vida real donde se presenta la interrelación entre la introducción de nuevos ferrocarriles orientada a los modos de transporte en el sistema integrado de transporte público. [15]

Al evaluar todos los análisis sobre las demoras se concluye que son muchas las causas donde se demuestran que la planeación del transporte debe ser continua, ya que el crecimiento poblacional y otros aspectos infieren a que se produzcan grandes colas de vehículos en un corredor vial.

El rediseño geométrico busca una solución a la congestión mediante el rediseño y posteriormente la reconstrucción en una vía, con el fin de acelerar más el tráfico vehicular. Los análisis anteriores se enfocan en la modelación por medio de VISSIM para determinar el comportamiento futuro con la nueva implementación de geometría al diseño; en

estos resultados se muestran modificaciones que ayudaron a descongestionar estos corredores viales haciendo que el tráfico sea más dinámico. También se muestra en algunos casos más puntuales, la reducción de semáforos a raíz de la generación de demoras, esto siempre y cuando no afecte los parámetros de seguridad vial.

El comportamiento inadecuado en los conductores es una de las principales causas de los conflictos en la red, el análisis anterior en esta categoría se puede confundir con el problema de la señalización, sin embargo, se hace referencia a eventos inesperados ya desde accidentes a un vehículo varado en el corredor. Esta variable de los conflictos no es tan fácil de manipular como es el flujo vehicular y hasta la misma demora; lo que buscan los diferentes software en este caso el VISSIM es compensar este insumo entre las demás variables para acercarse más a un valor real, ya sea incrementando el valor de las demás variables para encontrar un intervalo de tiempo de larga duración a causa de esta generación de demoras por conflicto vehicular.

El crecimiento desproporcionado de vehículos es la categoría global de las demoras en donde se pretende controlar el tránsito, desde un ámbito más puntual de la red. Los resultados de esta categoría buscan disminuir el número de vehículos en la red e incentiva a las personas a la utilización del transporte urbano. En este aspecto también se busca dar prioridad a los BRT, implementación de carriles para bicicletas y ampliación de los andenes para peatones.

V. AGRADECIMIENTOS

Principalmente damos gracias a Dios y a todas las personas que sirvieron de gran ayuda para la realización de esta revisión, especialmente a los tutores como son la asesora metodológica la profesora Mary Luz Parra Gómez, y al asesor disciplinar el Ingeniero Darío Naranjo Torres; los cuales dedicaron horas de su tiempo en la inducción y tutorías para la culminación de este artículo. También agradecer a los profesores en México especialmente al Ingeniero Alejandro Saniger quien con todo el esfuerzo tuvo la disponibilidad para dictar el seminario

internacional de planeación de modelos de transporte.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. J. Y. I. SARMIENTO, «Sistema adaptativo de control y optimización de tráfico de un corredor vial semaforizado . Aplicación a la ciudad de Medellín,» *DYNA*, vol. 78, n° 169, pp. 71-78, 2011.
- [2] R. Almodfera, S. Xionga y Z. Fangb, «A Quantitative Model of Conflict Risk Degree at Non-Signalized Intersections,» *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, pp. 1-11, 2015.
- [3] P. L. H. Y. W. W. Fei Huang, «Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections,» *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, pp. 1014-1024, 2013.
- [4] J. J. Meiping YUNa, « Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on VISSIM,» *ELSEVIER*, 2013.
- [5] F. S. B. P. Usama Shahdah a, «Application of traffic microsimulation for evaluating safety performance of urban signalized intersections,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 60, pp. 96-104, 2015.
- [6] H. P. Diaz y Y. F. Estupiñan, «Intersecciones tipo diamante divergente, análisis de implementación en ciudades colombianas,» *Tecnura*, vol. 15, n° 29, pp. 10-23, 2016.
- [7] K. Shaaban y I. Kim, «Comparison of sim and vissum microscopic traffic simulation tools in modeling roundabouts,» *Procedia Computer Science*, vol. 52, pp. 43-50, 2015.
- [8] J. Żak, j. poznan, S. Fierek y M. Kruszyński, «Evaluation of different transportation solutions with the application of Macro Simulation tools and Multiple Criteria Group

Decision Making Aiding methodology,» *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 111, pp. 340-349, 2015.

- [9] P. Strömgrena, J. Olstamb y A. Tapanib, «A model for traffic simulation of flared rural road intersections,» *Transportation Research Procedia*, vol. 6, pp. 239-258, 2014.
- [10] C. S. Zhu Zhandong a, changancsh, Y. Yanquan, H. Aixiu y Z. Xinyi, «VISSIM Simulation Based Expressway Exit Control Modes Research,» *Procedia Engineering*, vol. 137, pp. 738-746, 2016.
- [11] U. Shahdaha, F. Saccomannob y B. Persaud, «Application of traffic microsimulation for evaluating safety performance of urban signalized intersections,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 60, pp. 96-104, 2015.
- [12] G. N. Papageorgiou, «Towards a microscopic simulation model for Traffic management a computer based aproach,» *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 39, pp. 403-411, 2006.
- [13] S. Fierek y J. Zak, «Planning of an Integrated Urban Transportation System based on Macro – Simulation and MCDM/A Methods,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 567-579, 2012.
- [14] G. R. Siddharth S M Pa, «Calibration of VISSIM for Indian Heterogeneous Traffic Conditions,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 104, pp. 380-389, 2013.
- [15] K. Solecka y J. Žak, «Integration of the Urban Public Transportation System with the Application of Traffic Simulation,» *Transportation Research Procedia*, vol. 3, pp. 259-268, 2014.

